

الرِّيّ والصَّرْف



السنة الرابعة

القسم المدني



منشورات جامعة دمشق

كلية الهندسة المدنية

الرِّيُّ والصَّرْف

الدكتـور

عدنان مصطفى النحاس

المدرِّس في قسم الرِّيُّ والصَّرْف

الدكتـور

عماد الدين عسَّاف

المدرِّس في قسم الرِّيُّ والصَّرْف

جامعة دمشق

1430-1431هـ

2009-2010 م


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفهرس	
	الصفحة
الفهرس	5
المقدمة	11
الفصل الأول: مدخل إلى علم الرِّيّ والصَّرْف	13
1–1. مقدمة	13
1–2. تاريخ علم الرِّيّ والصَّرْف	14
1–3. مهامّ الرِّيّ والصَّرْف	18
1-3-1. علم الرِّيّ	18
1-3-2. أهميّة الرِّيّ في المناطق الزراعيّة المختلفة	19
1–4. التقسيم المناخي لأراضي الجمهورية العربية السورية	20
1-4-1. المناطق المناخية في الجمهورية العربية السورية	20
1-4-2. الأحواض المائية في الجمهورية العربية السورية	22
1-4-3. مصادر المياه	22
1-4-4. التساقط المائي على الأرض	24
1-4-5. الماء الجوي	25
1-4-6. مياه الفيضان	26
1-4-7. المياه الجوفية	26
1-4-8. مياه الرِّيّ ونوعيتها	27
الفصل الثاني: الرطوبة في التربة	35
2–1. أشكال وجود الماء في التربة	35
2-1-1. مياه الثقالة	35

2-1-2. مياه الخاصة الشعرية	35
2-1-3. المياه الهيجروسكوبية	36
2–2. المواصفات المائية للتربة	36
2-2-1. الرطوبة عند الإشباع	38
2-2-2. الرطوبة عند سعة الاحتفاظ	38
2-2-3. الرطوبة الحرجة	38
2-2-4. الرطوبة عند نقطة الذبول	38
2-2-5. الرطوبة الهيجروسكوبية	39
2-2-6. الرطوبة المكافئة لماء التركيب	39
2–3. النظام المائي للتربة وسبل التحكم به	39
2–3–1.تأثير الرّيّ على النبات وطبقة الهواء الملاصقة للتربة	43
2–3–2. علاقة الماء بالتربة	44
2–3–3. الخواص الطبيعية للتربة	44
2–3–4. تصنيف ماء التربة – المحتوى الرطوبي للتربة	47
الفصل الثالث: نظام ري المحاصيل الزراعيّة	51
3–1. متطلبات المحاصيل لنظام التربة المائي والهوائي	51
3-1-1. المبادئ الأساسية والعوامل الطبيعية للري	51
3–2. طرق حساب الاستهلاك المائي	64
3-2-1. طريقة بلايني –كريدل	67
3-2-2. الطريقة الإشعاعية	72
3-2-3. طريقة بنمان	78
الفصل الرابع: الطرق الأساسية للري	103

4–1. تشرب المياه في التربة والرِّيّ السطحي	103
4–2. الري السطحي	106
4-2-1. الرِّيّ بالشرائح	106
4-2-2. الرِّيّ بالخطوط	109
4-2-3. الرِّيّ بالغمر	113
4-2-4. تسوية سطح التربة وأنواعها	117
4-2-5. شبكات السقاية المكشوفة والمغلقة	117
4–3. الرِّيّ تحت سطح التربة	119
4-2-1. مزايا طريقة الرِّيّ تحت سطح التربة	121
4-2-2. مساوئ طريقة الرِّيّ تحت سطح التربة	121
4–4. الرِّيّ بالرش	122
4-4-1. مزايا طريقة الرِّيّ بالرش	122
4-4-2. المتطلبات من آليات الرِّيّ بالرش	122
4-4-3. آليات الرِّيّ بالرش واختيارها	124
4–5. الرِّيّ بالتنقيط	137
4-5-1. ميزات الرِّيّ بالتنقيط:	138
4-5-2. عناصر الرِّيّ بالتنقيط	139
4-5-3. تصميم الشبكات وحسابها	143
الفصل الخامس: شبكات التوزيع الثابتة	173
5–1. الأقنية الرئيسية والفرعية و توضعها	173
5-1-1أنواع شبكات الرِّيّ	173
5-1-2. المتطلبات من توضع الأقنية	173

3-1-5. تخطيط الأقنية الرئيسية	175
4-1-5.توضع أقنية التوزيع	175
5-1-5. خطوات التخطيط المبدئي لشبكات الرِّيّ	181
6-1-5. المخطط المائي (المقطع الطولي) لشبكة الأقنية	182
7-1-5. تصنيف درجات الأقنية	187
8-1-5. ترقيم أقنية الرِّيّ	188
9-1-5. تصاريف الأقنية	189
10-1-5. عامل مردود الأقنية	191
11-1-5. مناسيب المياه في الأقنية	192
5–2. تصميم وحساب شبكات الرِّيّ بأنواعها	199
1-2-5. الحساب الهيدروليكي للأقنية	199
2-2-5. حساب أقنية ذات مقطع شبه منحرف	199
3-2-5. مراحل تصميم وحساب أقنية الرِّيّ	204
3-5. الفواقد في أقنية الرِّيّ وطرق التقليل منها	205
1-3-5. المزايا المتوقع الحصول عليها عند إكساء الأقنية	205
2-3-5. مواد إكساء الأقنية	206
الفصل السادس: الصَّرْف واستصلاح الأراضي	227
6–1. أهميّة الصَّرْف	227
6–2. أسس و قواعد الصَّرْف	230
6–3. تشكل الملوحة	231
6–3–1. تصنيف الأراضي المتأثرة بالملوحة	234
6–3–2. استصلاح التربة المالحة	239

6-4. التربة الجبسية	247
6-4-1. توزع التربة الجبسية	251
6-4-2. مساوئ التربة الجبسية	252
6-4-3. معالجة التربة الجبسية	253
الفصل السابع: الطرق الأساسية للصرف	257
7-1. المصارف الأفقية السطحية أو المكشوفة	257
7-1-1. مزايا المصارف المكشوفة	258
7-1-2. عيوب المصارف المكشوفة	259
7-1-3. تخطيط المصاريف السطحية (المكشوفة)	259
7-1-4. المقطع العرضي للقناة:	262
7-1-5. التصاريف الحسابية	264
7-2. المصارف المغطاة	267
7-2-1. مزايا المصارف المغطاة	268
7-2-2. عيوب المصارف المغطاة	269
7-2-3. أنابيب الصَّرْف المغطى	270
7-2-4. أنواع المرشحات (المصافي) أو الفلتر	272
7-2-5. عناصر شبكات الصَّرْف	273
7-2-6. الدراسة التصميمية للمصارف المغطاة	275
7-2-7. تحديد عمق المصارف	279
7-2-8. تحديد التباعد بين المصارف	279
7-2-9. تخطيط شبكة المصارف	284

7-2-10. مبادئ تخطيط المصارف المغطاة	288
7-3. الصَّرْف الشاقولي أو الرأسي	290
7-3-1. اشتراطات ومتطلبات تنفيذ الصَّرْف الرأسي	293
7-3-2. الاعتبارات الخاصة بتصميم آبار الصَّرْف	293
7-3-3. العوامل التي تؤثر في اقتصاديات الصَّرْف الرأسي	294
7-3-4. الأغراض التي يحققها الصَّرْف الرأسي	297
7-3-5. المسافة بين الآبار (المصارف)	297
7-4. استصلاح الأراضي وطرق غسيل التربة المتملحة	299
7-5. استصلاح الأراضي البور والبكر	305
7-5-1. الطرق الخاصة في فلاحة التربة	306
7-5-2. نثر الأسمدة العضوية والحيوانية	310
7-5-3. تعديل قوام التربة	311
الفصل الثامن : المنشآت الملحقة بشبكات الرِّيّ والصَّرْف	335
8-1. منشآت التنظيم والتحكم	336
8-2. منشآت التقاطعات	339
8-3. منشآت التفريغ	340
8-4. منشآت الحماية	342
قائمة المصطلحات	347
المراجع	359

المقدمة:

نضع بين أيدي طلابنا الأعزاء وزملائنا المهندسين، كتاباً جامعياً ومرجعاً يعدّ من العلوم الهامة في الهندسة بشكل عام، والحجر الأساس لهندسة الرّيّ والصَّرْف بشكل خاص. فالرّيّ والصَّرْف علم واسع جداً، ويتناول موضوعات عديدة. إنه يضع القواعد في تصميم شبكات الرّيّ والصَّرْف، وهذا يزود المهندس في فهم المبادئ التي يقوم عليها هذا العلم والذي يرتكز على العديد من العلوم كالهيدروليك والتربة والمناخ والبيئة والكيمياء والفيزياء، ويشكل قاعدة أساسية للاستخدام في تصميم منشآت الرّيّ والأقنية وشبكات الرّيّ والصَّرْف.

يسمح الرّيّ بتغيير الظروف الطبيعية للمنطقة الم روية . ويزيد مساحات الأراضي المزروعة. ونظام الرّيّ يزيد خصوبة التربة (يحسن النظام المائي والغذا ئي والميكروبيولوجي)، وكذلك يزيد غلال المحاصيل الزراعيّة.

يحوي الكتاب المواضيع التي تهم طلاب السنة الرابعة القسم المدني وكذلك طلاب قسم الرّيّ والصَّرْف.ويتألف من ثمانية فصول:

يبحث الفصل الأول في تاريخ علم الرّيّ والصَّرْف ومهام الرّيّ والصَّرْف و التقسيم المناخي لأراضي الجمهورية العربية السورية والأحواض المائية.

ويبحث الفصل الثاني في أشكال وجود الماء في التربة وفي المواصفات المائية للتربة والنظام المائي للتربة وسبل التحكم به.

ويتعرض الفصل الثالث إلى متطلبات المحاصيل لنظام التربة المائي والهوائي و طرق حساب الاحتياجات المائية: بلاني –كريدل؛ بنمان؛ الإشعاعية.

ويبحث الفصل الرابع في طرق الرّيّ المختلفة من طرق الرّيّ السطحي والرّيّ بالرش، والرّيّ بالتنقيط.

كما يبحث الفصل الخامس في شبكات التوزيع الثابتة والأقنية الرئيسية وحساب وتصميم شبكات الرِّيّ؛ كذلك يبحث في الفواقد في أقنية الرِّيّ وطرق التقليل منها.

أما الفصل السادس فيتضمن أهميّة الصَّرْف وأسس وقواعد الصَّرْف.

ويتضمن الفصل السابع دراسة الصرف السطحي (المكشوف) والصَّرْف المغطى و الصَّرْف العمودي، ويستعرض طرق الاستصلاح وغسيل الأراضي.

كما يتضمن الفصل الثامن المنشآت الملحقة بشبكات الرِّيّ والصَّرْف وتتضمن منشآت التنظيم والتحكم ومنشآت الحماية والتقاطعات ومنشآت التفريغ.

وقد كتب الدكتور عماد الدين عسَّاف الفصل السادس والفصل السابع والفصل الثامن، بينما كتب الدكتور عدنان النحاس بقية الفصول. وقام الدكتور عدنان النحاس بتنسيق الكتاب.

وأخيراً لا بدّ من تقديم الشكر الجزيل إلى المقومين العلميين: أستاذنا الدكتور عبد الرزّاق حسين، والأستاذ الدكتور محمَّد شبلاق، والأستاذ الدكتور أمجد زينو، والمدقِّق اللُّغوي: الدكتور محمَّد قاسم.

نأمل أن نكون قد وُفقنا في بعض ما سعينا إليه وكلنا أمل أن يُحقق هذا الكتاب الفائدة المرجوة والله ولي التوفيق.

دمشق في 2009/09/9

المؤلفان

عدنان النحاس — عماد الدين عسّاف

الفصل الأول

مدخل إلى علم الرِّيّ والصَّرْف

1-1. مقدمة:

تُكوِّن التربة مع المناخ والمياه الوسط الذي نعيش ونمارس فيه جميع أنشطتنا الحياتية. و لهذا يجب علينا العناية بجميع أركان هذا الوسط للمحافظة على استمرارية هذه الأركان والعناصر في أفضل الظروف والمواصفات.

وتعد عمليات الرِّيّ والصَّرْف من أهم عناصر صيانة التربة والمحافظة عليها وذلك بهدف تحسين مواصفات التربة وجعلها صالحة للإنتاج الزراعي على أكمل وجه.
وعمليات الرِّيّ والصَّرْف قديمة تذهب في التاريخ بعيداً، حيث تمت معالجتها في أقدم المجتمعات البشرية وأقدم الحضارات؛ في بابل وفي الصين وفي مصر القديمة وسوريا وبلاد الرافدين. ويتم الاهتمام بالرِّيّ والصَّرْف في مختلف البلاد ولاسيّما في البلاد المتطورة منها؛ حيث يتركز الاهتمام على التربة.

إنَّ هدف عمليات الرِّيّ والصَّرْف هو تحسين مواصفات التربة وجعلها صالحة للإنتاج الزراعي، وذلك بتحسين صفاتها في كل الحالات التي تتعرض فيها هذه التربة إلى فائض المياه الذي يؤدي إلى غرقها، أو إلى الجفاف، أو نتيجة الاستثمار غير الصحيح.
إنَّ تدهور التربة يؤدي إلى أضرار كبيرة تؤدي إلى الإقلال أو إلغاء الخصوبة ومِنْ ثَمَّ يؤثر سلباً في كمية ونوعية الإنتاج الزراعي المطلوب. وما يشير إلى ذلك تلك المساحات الكبيرة من الأراضي والصحارى والمستنقعات والسبخات والأراضي الجرداء التي تتجاوز مساحتها مساحة الأراضي الخصبة التي يمكن زراعتها.

كما يجب تأكيد أنَّ موضوعات الرِّيّ والصَّرْف هي من أساسيات الموضوعات للمهتمين بالزراعة، إذ يُؤَكَّدُ أنَّ التربة الجيدة وذات الرِّيّ والصَّرْف الجيدين هي التربة الأفضل وتعطي دائماً النتائج الجيدة.

1-2. تاريخ علم الرِّيّ والصَّرْف:

إنَّ عمليات الرِّيّ والصَّرْف ليست حديثة، بل قديمة منذ حضارات بابل والصين والهند وبلاد ما بين النهرين. وتُعالَج مشكلات الرِّيّ والصَّرْف في مختلف البلدان ولاسيّما البلدان المتطورة، إذ يتركز الاهتمام على عمليات استصلاح التربة حيث يتم النظر إليها كأهم عنصر من عناصر النمو والتطور الاقتصادي، إضافة لإنشاء منشآت الرِّيّ والصَّرْف، وهذا ما يظهر في المنشآت الضخمة لمشروعات الرِّيّ والصَّرْف والتي أُقيمت في دول أوربة وروسية والصين وبولونية وألمانية وفرنسة...؛ إذ تُنْفَق سنوياً عشرات المليارات من الدولارات على بناء مختلف المنشآت الهندسية.

ولما كان وجود الحياة واستمرارها يستدعي بشكل رئيسي وجود الماء، فالماء سر الحياة ولغزها الكبير، بوجوده تستمر وباختفائه تؤول إلى الفناء؛ لذلك لا عجب أن أقدم العلماء والباحثون منذ القدم على دراسة الماء والاهتمام باستخدامه وتوزيعه لكل الاستخدامات متبعين في ذلك أقصى درجات الحرص عليه لأنه في الحقيقة أثمن شيء في الوجود.

ولما كان النبات هو المصدر الوحيد للغذاء بالنسبة إلى الحيوانات، ومِنْ ثَمَّ للإنسان الذي يعتمد في الغذاء على الحيوانات والنباتات، كان لابد من الاهتمام بالزراعة. ومن هنا نجد أن الإنسان عرف الزراعة منذ أقدم العصور بوسائله البدائية سواء عن طريق الرِّيّ أو الآلات الزراعية. وهكذا نجد أن أقدم الحضارات ظهرت على ضفاف الأنهار الكبيرة، وكان هناك تفاوت في درجة الاهتمام بالزراعة بين حضارة وأخرى، فكلما ازداد وعي

الإنسان القديم بحث عن حياة المدنية، ومِنْ ثَمَّ عن مصدر الغذاء، ليضمن استقرارا أكثر من حياة الصيد والتنقل.

- تعود أقدم عمليات استصلاح الأراضي إلى نحو 4500 ق.م في العراق في بابل القديمة حيث اكتشفت بقايا وأثار لمنشآت ومشروعات كبيرة وضخمة تتعلق بالرِّيّ والسقاية واستصلاح الأراضي وصرف المياه الزائدة، ولاسيّما في زمن حمورابي وتشريعاته الخاصة باقتسام وتوزيع المياه في الألف الثانية قبل الميلاد والتي أدت إلى تطور الزراعة في تلك الحقبة.

- وقد أظهرت الآثار المكتشفة في مدينة ماري السورية إلى أنَّ العموريين في نحو 2400 ق.م أقاموا مشروعات استصلاح مهمّة ونفَّذوا شبكات الرِّيّ وأقنية الجر وتوزيع المياه وأقنية الصَّرْف، كذلك كان الحال في إيبلا في المدّة نفسها.

- كذلك عدّل الآشوريون وأصلحوا مجاري نهري دجلة والفرات، وتم بناء خزانات وسدود بقصد حجز المياه الجارية في هذه الأنهار وتجميعها ثم توزيعها عبر الأراضي الزراعية لاستخدامها في أغراض الرِّيّ والسقاية (قناة بالاكوياس كان طولها 600 كم).

- أما الفينيقيون الذين أقاموا حضاراتهم على الساحل السوري فقد اهتموا بمشروعات الاستصلاح وبناء شبكات الرِّيّ وتوزيع المياه وأقنية الصَّرْف في مدنهم كما تدل على ذلك آثارهم المكتشفة في مدينة أوغاريت (شماليّ اللاذقية) نحو 1400 ق.م.

- وكذلك الحال بالنسبة إلى التدمريين الذين اهتموا ببناء الأقنية المرفوعة وأقنية جر المياه ومشروعات الاستصلاح ابتداء من الألف الأولى قبل الميلاد.

- وقد استُخدم الرّيّ الصناعي أيضاً في فلسطين وشبه الجزيرة العربية وفارس القديمة والهند والصين وآسيا الوسطى، حيث أُنشِئَت مشروعات الاستصلاح وأنظمة السيطرة على الأنهار والمجاري المائية وبناء أقنية وخزانات وسدود لتأمين مياه السقاية وكذلك بناء منشآت رفع المياه، والقيام بإنشاء المصاطب والمدرجات لحماية الحقول الزراعية من عوامل الحت والتعرية.

- ولقد لعب السوريون ولاسيّما الفينيقيون والكنعانيون والمصريون القدماء بدور هام في نقل المعارف الخاصة بالاستصلاح إلى اليونانيين والرومان من بعدهم، إذ عرفت أوروبة عمليات الاستصلاح بوقت متأخر نسبياً، وذلك في الألف الأولى قبل الميلاد. وفي إسبانية أُجريت بعض العمليات الاستصلاحية الكبيرة على أيدي العرب المسلمين في المدّة من القرن الثامن وحتى القرن الخامس عشر الميلادي.

- وفي أمريكة اكتُشفت آثار المنشآت الخاصة باستصلاح الأراضي التي بنيت في العصور الوسطى في منابع أنهار أمريكة الشمالية.

- وفي البيرو أنجزت أعمالٌ خاصة بالرِّيّ والسقاية تعود إلى القرن السادس الميلادي.

لقد قاد الرِّيّ المستمر إلى التفكير في حصر المياه الفائضة وإيجاد طريقة لإعادتها إلى النهر، وهكذا ظهر الصَّرْف بمفهومه الضيق (التخلص من كمية المياه الفائضة عن حاجة النبات والزراعة). وقد تم التخلص من هذه المياه باستعمال الصَّرْف السطحي بشكل بدائي وبالاعتماد على الخبرات الشخصية، وذلك بشق أخاديد تسيل فيها المياه بميل معين يعيدها إلى النهر.

ولقد كان لنمو الأعشاب الضارة حول المصارف الأثر في التفكير بطرق صرف متقدمة أكثر، وبذلك ظهر الصَّرْف المغطى بوسائله القديمة، فقد كان يُلجأ إلى حفر

خنادق، ثم وضع أحجار فيها، ثم الردم فوق هذه الأحجار التي كانت تشكل الصَّرْف المغطى، كل ذلك كان يعتمد على الخبرات الشخصية دون وضع أسس وقواعد علمية لذلك.

كما تم توسيع مفهوم الصَّرْف، فلم يعد الصَّرْف هو فقط التخلص من كمية المياه الفائضة عن الرِّيّ، بل صارت له مفاهيم واسعة جداً، كالمحافظة على نظام مائي — ملحي–هوائي متوازن ومعين في التربة الزراعية، والمحافظة على منسوب معين للمياه الجوفية على نحوٍ لا يرتفع هذا المنسوب إلى منطقة الجذور فيؤدي إلى تعفنها وخنقها. ودرءاً لخطر التملح بالأراضي المالحة وللمحافظة عليها من انتكاس الملح والتملح جاءت أهداف الصَّرْف متعددة ومختلفة حسب مناخ البلد؛ فمثلا في المناطق التي تهطل فيها الأمطار بغزارة والتي قد تؤدي إلى غسل التربة الزراعية ومِنْ ثَمَّ إغراقها بالماء، فهنا تقتصر مهمة الصَّرْف على تصريف المياه بشكل سريع خارج المنطقة المدروسة بغض النظر عن الضياعات المائية.

لقد أقلقت مشكلة الصَّرْف العاملين بالرِّيّ في المناطق الجافة منذ العصور السابقة، فلقد تحول معظم وادي دجلة ووادي الفرات إلى صحراء بسبب تراكم الأملاح في الطبقات السطحية للتربة، وهناك آثار لشبكات ري مهجورة ومناطق قلوية أخرى ومتملحة بالشرق الأدنى وفي الصحراء، وهذا ما يدل على أن عدم استعمال الصَّرْف المناسب يؤدي بالنتيجة إلى دمار اقتصادي في المنطقة، وفي بعض الأحيان يؤدي إلى دمار الحضارات كما كان في العصور القديمة السابقة.

كذلك الحال فإن مشكلات الصَّرْف الجوفي يمكن أن تنشأ نتيجة لارتفاع منسوب المياه الجوفية، وذلك بسبب عدم اختراق الماء لطبقة التربة الكتيمة، أو لامتلاك هذه التربة

نفوذية منخفضة بسبب وجود الغضار بكمية كبيرة، أو ربما لتوضع التربة وارتصاصها بشكل كبير لوجود الجبال الجليدية فوقها بالعصور الجليدية.

أما الصَّرْف في سورية فإنه يحتاج إلى دراسات مُكثَّفة؛ إذ إنّنا في منطقة شبه جافة من العالم، ويسود فيها مناخ البحر الأبيض المتوسط وهذا يترتب عليه الكثير، ففي فصل الشتاء حيث تكثر الأمطار يتوجب التخلص منها كي لا تتجمع على سطح التربة، فتعيق العمل بالحقول وتسبب الأضرار. أما في فصل الصيف الجاف فينبغي المحافظة على المياه من الضياع بعيداً عن التربة الزراعية، وبالإضافة لذلك يجب المحافظة على تركيز خفيف للأملاح مقبول بشكل لا يؤدي إلى إعاقة نمو النباتات.

مما سبق يتبين أن الأمر يحتاج إلى التمعن والتفكير قبل دراسة أي مشروع للصرف، ولا بد من الإشارة هنا إلى أن سوء الصَّرْف في كثير من مشروعات الرِّيّ في بلادنا أدى إلى كوارث اقتصادية كبيرة؛ كما يجب التنويه هنا إلى أن الرِّيّ في منطقة ما قد يؤثر في ارتفاع منسوب المياه الجوفية، وقد يكون حدوث الأضرار المترتبة عن ذلك في منطقة أخرى أكبر منها في المساحات المروية.

وأخيراً لا بد من التذكير بحقيقة صارت من البديهيات لدى جميع المهتمين بمشروعات الرِّيّ، وهي أن كل مشروع ري لا يدرس فيه الصَّرْف بشكل كاف ستكون نتيجته الانهيار مع التقدم في الاستثمار وسيقود إلى كوارث اقتصادية لا حصر لها، وهنا نأتي إلى المقولة الأساسية – لا ري ناجح دون صرف ناجح.

1-3. مهام الرِّيّ والصَّرْف

1-3-1. علم الرِّيّ:

علم الرِّيّ هو العلم الذي يهتم بتقدير الاحتياجات المائية للحقول الزراعية، والبحث عن مصادر المياه والطرق الملائمة لإيصالها إلى الحقل وتوزيعها بالوقت المناسب

والطريقة المناسبة، تبعاً لنوع النبات ومرحلة نموه وطبيعة التربة والمناخ. ويمكن أن يُعرَّف الرِّيّ عموماً بأنه توصيل الماء للتربة لغرض تزويدها بالرطوبة اللازمة لنمو النبات، والتعريف الأوسع هو أنَّ الرِّيّ يعني تقديم الماء للتربة اصطناعياً لأحد الأغراض الآتية:

- إضافة الماء للتربة لتزويدها بالرطوبة اللازمة لنمو النبات.
- تأمين المحصول ضد مُدَد الجفاف قصيرة المدى.
- تبريد التربة والجو ليكون الوسط أكثر مواءمةً لنمو النبات.
- إنقاص خطر الصقيع.
- غسل التربة لإزالة الأملاح أو تخفيفها.
- إنقاص خطر تكون فراغات في التربة.
- إمكان تفتيت الكتل المتماسكة في التربة بحرث الأرض.
- تأخير تكون البراعم نتيجة التبريد بتبخر الماء.

1-3-2. أهمية الرِّيّ في المناطق الزراعية المختلفة

يمكن تقسيم الزراعة إلى ثلاثة أنواع رئيسة من حيث تزويد المحاصيل بالماء، وهي:

الزراعة المطرية: في المناطق الرطبة تعتمد الزراعة كلياً على الأمطار التي تكون عادة كافية لإنتاج أغلب أنواع المحاصيل الزراعية.

الزراعة الجافة: في المناطق شبه الرطبة وشبه الجافة يحصل النبات على جزء من احتياجاته المائية بواسطة الأمطار التي قد تكون كافية لإنتاج بعض المحاصيل.

الزراعة المروية: يحصل النبات بهذه الطريقة على جميع احتياجاته المائية اللازمة لنموه عن طريق الرِّيّ. وتتركز الزراعة المروية بشكل عام في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تمثل ثلث مساحة الأراضي في العالم تقريباً. والزراعة التي تعتمد على الأمطار في المناطق الجافة تكون غير مضمونة بسبب تفاوت معدلات سقوط الأمطار السنوية عليها، وعدم انتظام

أوقات سقوط الأمطار؛ فكمية الأمطار السنوية الساقطة لا تشكل معياراً كافياً للحكم على ضرورة الرِّيّ أو طريقة استخدام الأرض، بل توجد هنالك عوامل أخرى قد تؤثر في ذلك: مدى فعالية وتأثير الأمطار، والتوزيع الموسمي للأمطار، ومقدار التبخر من المسطحات المائية والأراضي الزراعية.

ويتوقف مقدار التبخر على: درجة الحرارة؛ ورطوبة الهواء؛ وسرعة الرِّيّاح؛ وعوامل جوية أخرى. فإذا زادت معدلات التبخر على معدلات الأمطار الطبيعية في أي منطقة مناخية فتعتبر هذه المنطقة جافة، وتحت هذه الظروف لا يمكن أن تكون هناك زراعة ناجحة دون إضافة المياه إلى التربة والنبات بالطرق الصناعية، ويمكن أن يحصل النبات على الاحتياج المائي عن طريق الرِّيّ الطبيعي أو الصناعي:

الرِّيّ الطبيعي: هو الذي تهيئه الأمطار في مكان سقوطها، أو يتم نتيجة لفيضانات الأنهار وغمر الأراضي المجاورة، وفي كلتا الحالتين يجب اختيار نوعية معينة من المحاصيل تتفق احتياجاتها المائية ومواعيد زراعتها مع كمية الأمطار أو الفيضانات ومواعيدها.

الرِّيّ الصناعي: هو الرِّيّ الذي يحتاج إلى مجهود بشري للحصول على الماء من المصدر، كإنشاء خزانات على الأنهار، أو حفر آبار، وتوصيل المياه عبر شبكات من القنوات أو الأنابيب إلى الحقول بالكميات المطلوبة وفي المواعيد المحددة.

1-4. التقسيم المناخي لأراضي الجمهورية العربية السورية والأحواض المائية:

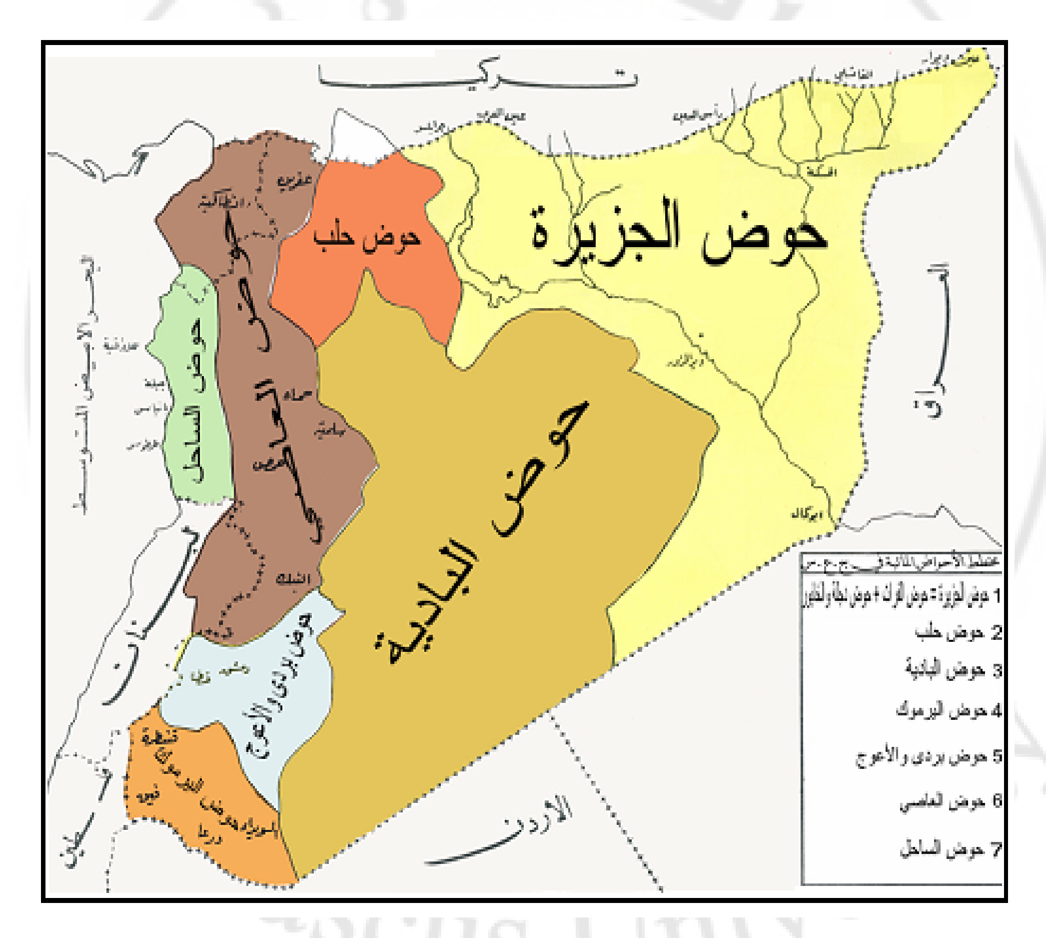
1-4-1. المناطق المناخية في الجمهورية العربية السورية:

تم التقسيم إلى أربع مناطق مناخية رئيسة حسب معدلات الأمطار السنوية الساقطة عليها كما هو موضح في الجدول رقم (1-1).

جدول (1–1) تصنيف المناطق المناخية

المناطق المناخية	معدل الأمطار السنوية (مم)

مناطق رطبة	أكثر من 1000
مناطق شبه رطبة	1000 – 500
مناطق شبه جافة	500 – 250
مناطق جافة	أقل من 250



شكل (1–1) الأحواض المائية الرئيسية

2-4-1. الأحواض المائية:

تقسم الأحواض المائية في سورية إلى ثلاثة أقسام رئيسية تحددها عوامل التضاريس وأنظمة الأمطار والتشكيلات الجيولوجية؛ ويبين الشكل (1-1) توزع الأحواض المائية الرئيسية السبع.

1- أحواض الأودية الساحلية:

وتتشكل على سفوح المرتفعات الساحلية الغربية المطلة على البحر الأبيض وهي بشكلها التقريبي العام أحواض متوازية تصب مياهها في البحر الأبيض المتوسط. وأكثرها أودية موسمية مع بعض الأودية الدائمة الجريان كنهر الكبير الشمالي ونهر السن ونهر الكبير الجنوبي، وقد أُطلق على مجموعة هذه الأودية اسم الحوض الساحلي.

2- أحواض الأودية الداخلية التي تصب مياهها في البحار:

وتشمل حوض العاصي وروافده وتصب مياهه في البحر الأبيض المتوسط؛ وحوض الفرات الأوسط وروافده في سورية (الخابور والبليخ والساجور) وتصب مياهه في الخليج العربي، وحوض الأردن الأعلى وروافده الموسمية والدائمة الجريان كنهر اليرموك ونهر بانياس وتصب مياهه في البحر الميت.

3- أحواض الأودية الداخلية المغلقة:

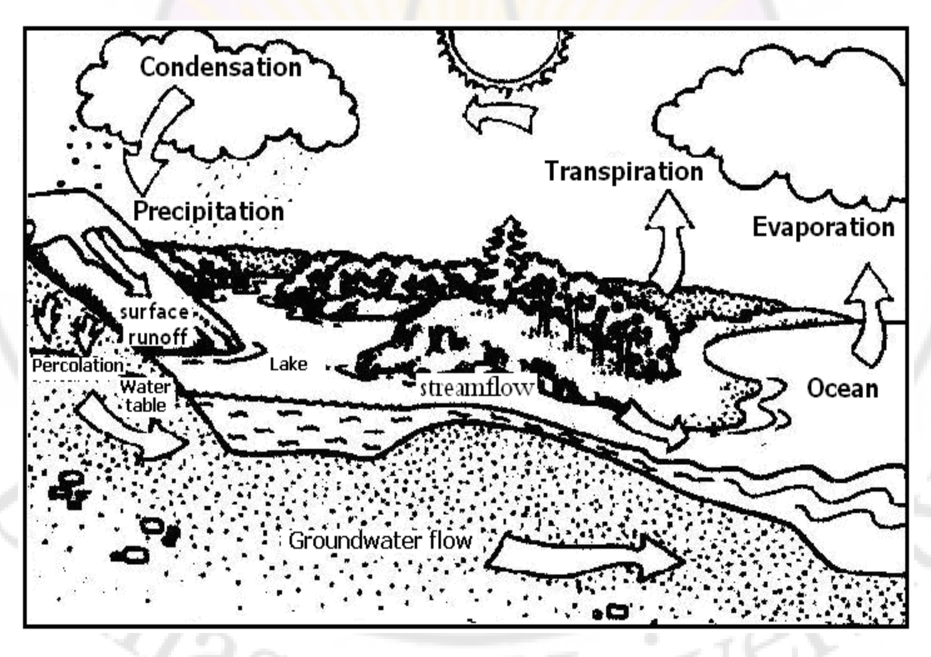
حوض دمشق وفيه نهرا بردى والأعوج وروافدهما الموسمية، وحوض حلب وفيه نهرا قويق والذهب وروافدهما الموسمية، وحوض البادية وفيه ثمانية أحواض صغيرة أهمها حوض الدو.

1-4-3. مصادر المياه:

تعد الأمطار والثلوج مصدر المياه كلها في العالم، وإنَّ الجزء الذي لا يتم استغلاله من الأمطار والثلوج إما أن يتسرب إلى باطن الأرض ويغذي المياه الجوفية أو يجري فوق سطح الأرض ليشكل الأنهار ويُغذي البحيرات الطبيعية وبحيرات السدود التي أُنشأت. وعملية تشكل الأمطار والثلوج وتوزيعها على الكرة الأرضية تدعى الدورة الهيدرولوجية أو الدورة المائية في الطبيعة، شكل (1-2).

إن أغلب المياه المتوفرة في الطبيعة مالحة، أما الماء العذب فتُعدُّ نسبته قليلة كما يبن ذلك الشكل (1-3)، وقد تم تقسيم المصادر المائية في الطبيعة إلى مياه تقليدية ومياه غير تقليدية. وقد تأتي مياه الرّيّ أيضاً من المياه الفائضة نتيجة عملية الرّيّ أو المياه المعالجة لمياه الصَّرْف الزراعي والصَّرْف الصحي أيضاً. وبشكل عام تأتي المياه التي تزود التربة بالرطوبة اللازمة لنمو النبات من خمسة مصادر يجب أخذها بالاعتبار عند تقدير الاحتياجات المائية المطلوبة للري وهي:

التساقط المائي على الأرض (هطول الأمطار وتساقط الثلوج)؛ والماء الجوي؛ ومياه الفيضانات؛ والمياه الجوفية؛ ومياه الرّيّ.



شكل (1–2) مخطط للدورة المائية في الطبيعة

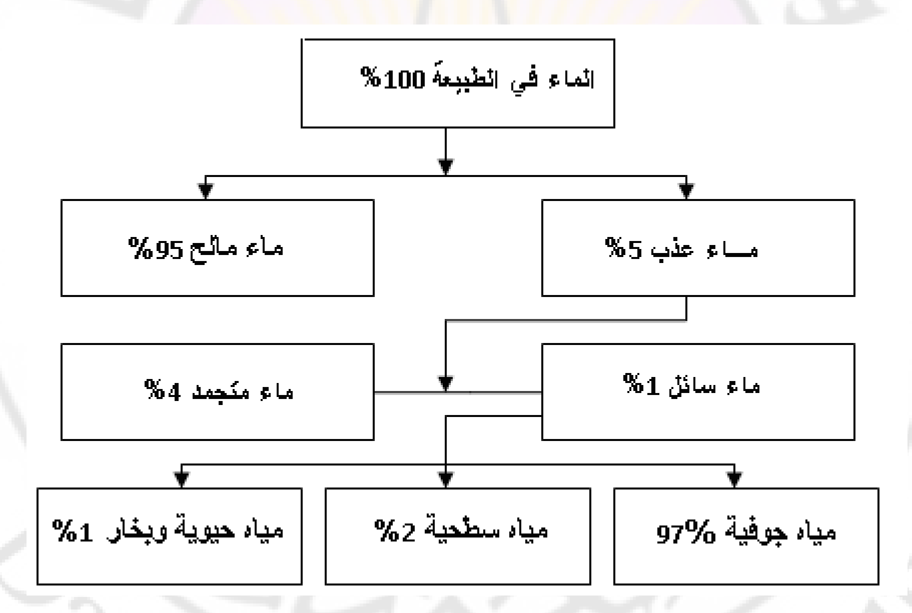
1–4–4. التساقط المائي على الأرض:

للاستفادة العظمى من التساقط ولاسيّما مياه الأمطار يجب أن تتوافر فيه الخصائص الآتية:

- أن تكون كميته كافية لتعويض الرطوبة المفقودة من منطقة الجذور.

- أن يكون معدل تكراره كافياً في الغالب لسد النقص في رطوبة التربة قبل أن يعاني النبات نقص الرطوبة.

- أن يكون المطر منخفض الشدة حتى تتمكن التربة من امتصاص المياه المتساقطة عليها.



شكل (3-1) رسم توضيحي يبين نسب المياه المتنوعة في الطبيعة

وهذه الخصائص غالباً لا تتوفر لإنتاج أكثر المحاصيل في أغلب الأوقات إلا في مواقع قليلة. وبسبب عدم توافرها تظهر الحاجة لكميات متزايدة من مياه الرّيّ في المناطق الجافة والرطبة. هذا ويجب اتخاذ احتياطات خاصة عند تخطيط مشروعات الرّيّ لعدم إساءة تقدير الهطول خلال الشهر أو السنة، إذ إنَّ متوسطات المِدَد الزمنية طويلة المدى

قليلة النفع في التنبؤ بمقدار الرطوبة المتوقعة في أي شهر أو سنة. لذا يجب أن يُؤخذ في الاعتبار عند تصميم شبكات الرّيّ أوقات الجفاف المتوقعة؛ إذ أنِّ هذه الأوقات تتغير من زمن لآخر ومن موقع لآخر، إذ لا يوجد انتظام في الطبيعة أو في معدل سقوط الأمطار فهي تختلف من يوم لآخر ومن أسبوع لآخر ومن شهر لآخر ومن سنة لأخرى. وتعتبر هذه التغيرات جوهرية بالنسبة إلى الزراعة في المناطق الجافة والمناطق الرطبة. وغالباً ما توجد مُدَد غير ممطرة تمتد لمدة أسبوعين أو أكثر خلال موسم نمو المحصول في البلدان ذات المناخ الرطب. ولقد لفت نظر المزارعين في العالم مُدَد الجفاف القاسية التي أثرت كثيراً في المساحات المزروعة بشكل كبير، ودعت إلى الحاجة للري الاصطناعي؛ وقد وُجد أنَّ هطول المطر بكميات كافية قد يسمح بنمو المحاصيل في السنين العادية إلا أنَّه تبين نتيجة الخبرة أنَّ المِدَد القصيرة من الجفاف قد تسبب إتلاف المحاصيل.

1-4-5. الماء الجوي:

يُسهم الماء الجوي بشكل ملحوظ في بعض المناطق بأشكال مخالفة لتساقط الأمطار، إذ يساعد الندى في نمو أعشاب المراعي والكروم. وعموماً فإنَّ الأحوال الجوية السائدة التي تسبب أهمية هذا المصدر هي:

- تكون الندى بمقدار محسوس.
- وجود الضباب والسحب.
- وجود الرطوبة العالية.

وتساعد هذه الظروف في التقليل من احتياجات النبات، وذلك بالحد من القوى المسببة لنتح الماء من النبات. ويؤثر الندى خاصةً في تخفيض كمية الماء المتحرك بالنبات، ويقل عادةً الماء الذي يتبخر من الأرض وأوراق النبات بقيمة مساوية للماء الذي كان سيمتصه من التربة. ويُقدَّر الحد الأعلى لمقدار الرطوبة الجوية الممكن تكاثفها ما

يقابل (400mm) سنوياً في بعض المناطق؛ ولذلك يجب عدم إغفال ذلك في المناطق ذات الرطوبة الجوية عند حساب الحاجة للماء الإضافي اللازم للإنتاج الزراعي.

1-4-6. مياه الفيضان:

تشبه مياه الفيضان مياه الرّيّ، ولكن الإنسان لا يقوم بتقديمها بالوقت المناسب؛ بينما تقوم التربة بامتصاص المياه وتُخزِّنها لاستخدامها فيما بعد. وفي الماضي كان الكثير من الأراضي يعتمد على مياه الفيضان، بينما أُنشِئَ الكثير من السدود في جميع أنحاء العالم لدرءِ مياه الفيضانات وحجزها للاستفادة منها في أوقات الجفاف والرِّيّ في الوقت المطلوب.

1-4-7. المياه الجوفية:

المياه الجوفية هي المياه الموجودة تحت سطح الأرض حيث تكون فراغات التربة ممتلئة بالماء. ويمكن أن نميز هنا بين نوعين:

- المياه القريبة من منطقة الجذور، حيث تتم حركة هذه المياه إلى أعلى بواسطة الخاصة الشعرية من مستوى سطح الماء الجوفي إلى منطقة الجذور، وتكون المصدر الرئيسي للمياه اللازمة لنمو النبات،
- والنوع الآخر المياه العميقة التي يمكن أن يستفاد منها بواسطة الضخ.

ولكي تكون هذه المياه أكثر فاعلية دون إعاقة نمو النبات يجب أن تكون قريبة المنال وتحت العمق الذي يستمد منه النبات معظم احتياجاته المائية. فإذا كانت المياه قريبة من سطح الأرض فإنَّ الإنتاج الزراعي سيكون معدوماً؛ أما إذا كان سطح الماء الأرضي أخفض من منطقة الجذور فإنه قد يغذي النبات بقدر ملحوظ ومِنْ ثَمَّ يُخفِّض من تكاليف الرِّيّ. هذا ويُعدُّ العمق الأمثل هو العمق الذي يعطي أكبر عائد اقتصادي.

1-4-8. مياه الرِّيّ ونوعيتها:

وهي المياه التي يمكن تقديمها للنبات اصطناعياً بأحد طرق الرّيّ. ويكون مصدر هذه المياه هو أحد المصادر السابقة من مياه السدود والبحيرات أو الأنهار أو المياه الجوفية العميقة أو مياه الصَّرْف الزراعي أو الصحي أو من حصاد مياه الندى إذا كان ممكناً:

– **مياه الخزانات التجميعية**: تبرز أهمية الخزانات في اختزان مياه الأمطار لاستخدامها للري في أوقات الجفاف. وتعد هذه المياه رخيصة الثمن وقليلة الملوحة بشكل عام مقارنة بمياه المصادر الأخرى.

– **مياه السدود**: يُعدُّ التركيب الكيميائي لمياه الأنهار دائمة الجريان ثابتاً مقارنةً بمياه السيول التي تكون ذات تركيز عالية في بداية تشكلها، ثم يتناقص هذا التركيز مع الزمن. وتعد مياه السدود المقامة على الأنهار ذات نوعية جيدة في مجال الرّيّ.

– **مياه الينابيع**: يُعدُّ تصريف هذا المصدر ضعيف نسبياً بالمقارنة مع المصادر الأخرى والذي نادراً ما يتجاوز بضعة لترات في الثانية. وتعد مياه هذا المصدر جيدة النوعية؛ مع أنها تختلف باختلاف الطبقة الحاملة. ويبقى هذا المصدر محدود الأهمية.

– **مياه الأنهار**: يُعدُّ هذا المصدر مهماً ولاسيّما إذا كان النهر من الأنهار دائمة الجريان؛ ويمكن إقامة السدود التنظيمية على مجرى النهر. وتختلف نوعية المياه حسب الحوض الصباب المغذي له أو حسب طبيعة منابع النهر إذا كان ينبع من خارج البلد، مثل نهر الفرات ونهر النيل ودجلة والعاصي.

– **مياه البحار والمحيطات**: إنَّ قلة الموارد المائية قد دعت الكثير من البلدان إلى تحلية مياه البحار واستخدامها في مياه الشرب في بادئ الأمر، ومع التقدم في طرق التحلية مع خفض كلفة الإنتاج استُخدامت هذه الوسيلة للحصول على مياه الرّيّ في الآونة الأخيرة، لكن هذه الوسيلة ما زالت باهظة الثمن وغير اقتصادية. إلا أنه يمكن استخدام مياه

البحار أو المحيطات في ري بعض المحاصيل التي تتحمل الملوحة العالية أو بعد خلطها بمياه عذبة.

– **المياه الجوفية:** يمكن أن تكون مياه هذا المصدر مالحة أو عذبة، وقد تكون متجددة أو غير متجددة. ويتغير التركيب الكيميائي للمياه حسب طبيعة الصخور الخازنة لها. وقد تكون هذه المياه قريبة من السطح أو عميقة، وتزداد كلفتها مع زيادة عمق توضعها.

– **مياه الصَّرْف الزراعي**: تعد هذه المياه بشكل عام غير صالحة للري ولاسيّما إذا كانت ناتجة عن مياه الغسيل الشديدة الملوحة؛ ولكنها إذا كانت قليلة الملوحة فيمكن استخدامها لري المحاصيل التي تتحمل الملوحة، وكذلك يمكن استخدامها بعد الخلط مع مياه عذبة حتى التركيز المناسب للري.

– **مياه الصَّرْف الصحي**: إنَّ استخدام هذا المصدر من المياه يشوبه الحذر؛ في حين استخدمه الفلاحون منذ زمن غير بعيد ومازال بعض الفلاحين في بعض المناطق إلى الآن يستخدمه (معللاً استخدامه بأنَّها مياه غنية بالمخلفات العضوية المفيدة وتحمل العناصر التسميدية اللازمة) دون رقابة ذاتية أو أهلية، إذ تُعدُّ المحاصيل ولاسيّما الخضروات من أهم المصادر لنقل الأمراض والأوبئة.

تحتوي هذه المياه على العديد من المواد الصلبة المعدنية والعضوية وعلى العديد من الأيونات لعناصر الآزوت والكبريت والكلور والكالسيوم والمغنزيوم والبوتاسيوم والصوديوم والفلور والبروم، وعلى تراكيز قليلة من المعادن الثقيلة. إضافة لما يمكن أن تحتويه من بكتريا وفيروسات وديدان ومن المسببات المرضية الأخرى. وللتركيب المعقد لهذه للمياه والمتغير حسب التجمعات السكنية، يجب أن نكون حذرين من السماح لهذه المياه في الجريان في المجاري المائية منعاً من تلويث المجاري المائية. لذا يتوجب تخليص المياه المستعملة

من المخلفات القابلة للتحلل والتفسخ ومن مواد أخرى سواء كانت منحلة أم غير منحلة مترسبة أم غير مترسبة.

ويمكن التفكير أيضاً باستخدام محطات معالجة مصغرة بالأحياء أو البلدات الصغيرة، ثم تحويل المياه إلى المجاري المائية الطبيعية، وقبل استخدام هذه المياه للري تتم معالجتها ومراقبتها. وحديثاً ولهذه الأغراض يمكن استخدام محطات معالجة ذات امتداد شاقولي بدلاً من الامتداد الأفقي لتوفير المساحة اللازمة لمحطة المعالجة.

نوعية مياه الرِّيّ:

تحتوي مياه الرِّيّ على كميات مختلفة من الأملاح الذائبة والمكونات السامة أحياناً. وإمكانية استخدام هذه المياه لري المزروعات يعتمد بشكل عام على أنواع وكميات الأملاح الموجود فيها إضافة إلى وجود المكونات السامة. وكقاعدة عامة، يُنصح المشرفون على مشروعات الرِّيّ وكذلك المزارعون عند التفكير باستخدام مصدر للري الإلمام بتأثيرات نوعية مياه الرِّيّ وطريقة الرِّيّ والتحري عن الأمور الآتية:

1. محتوى التربة من الأملاح.
2. محتوى التربة من الصوديوم.
3. معدل تسرب الماء في التربة.
4. وجود عناصر سامة في مياه الرِّيّ قد تؤدي إلى تسمم النبات المروي.
5. تأثير مياه الرِّيّ في إنتاج المحاصيل المروية.
6. نوعية مياه الرِّيّ المراد استخدامها.

إنَّ الاستخدام الكثيف في الوقت الحاضر لأغلب الموارد المائية المتاحة ولمختلف النشاطات الإنسانية، هو على حساب تدني النوعية المطلوبة في مياه الرِّيّ؛ تُحدد هذه

النوعية بالخواص الفيزيائية والكيميائية وسنعرض في هذه الفقرة أهم هذه المواصفات المختلفة لمياه الرِّيّ.

الصفات الفيزيائية:

تستخدم الخواص الفيزيائية لمياه الرِّيّ كمؤشرات مباشرة أو غير مباشرة لتدل على مدى صلاحية المياه للري، ومن أهم هذه الخواص الفيزيائية:

أ- العكارة:

تتعلق درجة العكارة بوجود مواد عالقة في الماء من مختلف المصادر، وتتألف من جزيئات الطمي ومزيج من مواد صلبة، عضوية ومعدنية . إنَّ مياه الرِّيّ تحمل معها ذرات عالقة وأملاحاً ذائبة تختلف كمياتها حسب طبيعة مصدر المياه، فالمياه الجوفية لا تحمل مواد عالقة، ولكن كمية الأملاح الذائبة فيها عالية. أما مياه الأنهار فالأملاح فيها قليلة، ولكنها تحمل كمية عالية من المواد العالقة. أما مياه البحيرات فهي وسط بين الحالتين السابقتين.

إنَّ قسماً من المواد العالقة والذائبة سوف يترسب في شبكات الرِّيّ والأراضي الزراعية، ويمكن أن يؤدي دوراً إيجابياً لهذه الشبكات والأراضي. فترسيب الذرات الناعمة جداً يزيد من خصوبة التربة، أما الطمي المترسب في الأقنية فيسد فراغاتها، وبذلك يقلل من تسرب المياه. وفي الوقت نفسه يمكن أن تؤدي هذه المواد دوراً سلبياً إذا كانت الأملاح الذائبة ضارة بالنبات وذات تركيز عالٍ أو أنَّ ذرات الطمي كبيرة وفقيرة بالمواد الغذائية الضرورية للنبات فسوف تكون ضارة بالنسبة إلى الأقنية التي تترسب فيها أو بالنسبة إلى الأراضي الزراعية.

إنَّ كمية المواد العالقة والذائبة في الماء غير ثابتة وتتغير في حدود واسعة (50 – 20) طن في كل ألف طن مياه؛ وذلك حسب:

- طبيعة تربة الحوض الصباب.
- تغير تصريف النهر حسب أشهر السنة.
- حسب تغير سرعة المياه.

إلا أنَّ المهم في الرِّيّ ليس كمية هذه المواد فحسب، بل من الضروري معرفة تركيبها الميكانيكي والكيميائي.

- إنَّ الطمي الذي تزيد أقطار ذراته على $(0.1mm)$ ضار، وذلك لأنَّ هذه الذرات تترسب بسهولة في أقنية الرِّيّ.

- إنَّ الطمي الذي تبلغ أقطار ذراته $(0.1-0.005mm)$ يمكن أَنْ يكون له تأثير جيد في الخواص الفيزيائية للتربة إذ إِنَّ هذه الذرات تُنقص من تماسك ذرات التربة الغضارية ولكن قيمتها الغذائية ضئيلة.

- إنَّ الطمي الذي تبلغ أقطار ذراته أصغر من $(0.005mm)$ وعلى الأخص أصغر من $(0.001mm)$ له قيمة غذائية، ولكن إذا كانت كمية هذه الذرات عالية يمكن أن تؤدي لخفض نفاذية وتهوية التربة.

وبشكل عام نذكر أنَّه يجب ألَّا تحتوي مياه الرِّيّ على جزيئات ذات أبعاد أكبر من $(0.1mm)$، وذلك لأنها تسبب انخفاضاً في كفاءة عمل الأقنية ؛ وكذلك الحال بالنسبة إلى مياه الرِّيّ المستخدمة في تجهيزات الرِّيّ بالرش، فيجب أن تخلو من التلوث الميكانيكي أي من العوالق ذات الحجوم الأكبر من $(0.1mm)$، وفي الرِّيّ بالتنقيط قد تصير حتى هذه العوالق غير مسموح بها حسب طبيعة المنقطات المستخدمة.

درجة الحرارة:

تعد درجة الحرارة من الصفات الهامة التي تؤثر إلى حد ما في نوعية مياه الرِّيّ؛ إذ إنَّ لها تأثيراً في العمليات الحيوية التي ترافق تغيرات ما يحتوي عليه الماء من مواد عضوية

أو معدنية. كما تؤثر درجة الحرارة في درجة تركيز بعض المواد في الماء كالكربونات، وعموماً يجب أن تكون درجة حرارة المياه المستخدمة في الرّيّ أكبر من درجة حرارة التربة والمزروعات. والمياه الحارة أو الباردة تضر في النباتا ت، ويمكن أن نذكر أنَّ درجة حرارة المياه الأكثرمواءمة هي في حدود (25 – 15) درجة مئوية.

الصفات الكيميائية: وهي تتمثل بالآتي:

أ– محتوى المياه من البيكربونات.

ب– الكمية الكلية للأملاح الذائبة ***total dissolved solids*** (**TDS**) أو الناقلية الكهربائية للماء (**EC**) والتي تتناسب طرداً مع (**TDS**).

ج– نسبة شاردة الصوديوم لشوارد الكالسيوم والمغنزيوم ***sodium adsorption ratio*** (**SAR**) وتسمى بنسبة ادمصاص الصوديوم:

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{ca^{+2} + mg^{+2}}{2}}}$$

د– تركيز بعض العناصر التي إذا زاد تركيزها تصير سامة للنبات،، ومن أهمها الصوديوم، والكلورايد، والبورون.

يُعبِّر اصطلاح ملوحة ماء الرّيّ عن الأملاح الكلية الذوَّابة في الماء المراد اختباره، ويُعدُّ واحداً من أهم المعايير المستخدمة لتحديد نوعية مياه الرّيّ. وعادة يقاس محتوى محلول التربة ومياه الرّيّ من الأملاح بطريقة الناقلة الكهربائية ***Electric Conductivity*** (**EC**) مقدرةً بـ (ميليموز/سم) أو بكمية الأملاح الذائبة (**TDS**) مقدرة بـ (ميليغرام/لتر).

علماً أن هناك تصنيفات أخرى تعطي الغرض نفسه، ولكن بطريقة أخر ى ومقاييس ومؤشرات أخرى. فعلى سبيل المثال يمكن اعتبار أَنَّ مصدراً مائياً معيناً مناسباً لنبات ما (غير حساس) أو متوسط الحساسية ولكن المصدر المائي نفسه قد يُصنَّف غير مناسبٍ للري إذا ما استعمل لري محاصيل حساسة للملوحة. يعطي الجدول (**1–3**) تأثير التركيز الملحي في مياه الرِّيّ في النباتات:

أما بالنسبة إلى تأثير نسبة ادمصاص الصوديوم (**SAR**) فإنَّ ارتفاعه يؤدي إلى انخفاض في معدل تسرب المياه إلى التربة. وذلك بالإضافة إلى عوامل أخرى تتعلق بالتربة: من درجة تراص ومحتوى المادة العضوية والتركيب الكيميائي، لأنَّ العاملين الأكثر تأثيراً هما (**TDS**) و (**SAR**).

جدول (1–3) تأثير (TDS) و (EC) في مياه الرِّيّ

التأثير على مياه الرِّيّ	(TDS)- ميليغرام/لتر	(EC)- ميليموز/سم
ليس له تأثير	<500	< 0.75
تأثير محدود في النباتات الحسَّاسة	1000 – 500	1.5 – 0.75
يؤثر سلبا في أغلب النباتات	2000 – 1000	3 - 1.5
يستعمل في النباتات المتحملة للملوحة والتربة جيدة الصَّرْف	5000 -2000	7.5 -3

وبالنسبة إلى مشكلات السمية التي تحدث إذا احتوى الماء بعض العناصر مثل الكلور والصوديوم والبورون، فهي تتعلق بكمية الامتصاص وحساسية النباتات. ويحدث الضرر عادة عندما تمتص الجذور الشوارد السامة مع الماء حيث تنتقل الشوارد إلى الأوراق وتصل لدرجات تركيز سامة.

كما يمكن أن تظهر السمية عن طريق الامتصاص المباشر للشوارد السامة من خلال الأوراق بواسطة المرشات. وفيما يتعلق بوجود البيكربونات في مياه الرِّيّ فإنها تتفاعل مع الكالسيوم لتشكل بيكربونات الكالسيوم الأقل ذوباناً مما يزيد في نسبة (SAR)، ويزداد من ثَمَّ ضرر الصوديوم. كما أنَّ استخدام المياه الحاوية على نسبة عالية من البيكربونات في المرشات يؤدي إلى تجميع الرواسب غير المرغوب فيها على النباتات.



الفصل الثاني

الرطوبة في التربة

2-1. أشكال وجود الماء في التربة:

إنَّ دراسة أشكال وجود الماء في التربة يتطلب معرفة القوى المؤثرة والمؤدية إلى وجودها؛ وهذه القوى هي قوى الجاذبية والعطالة والخاصة الشعرية والهيجروسكوبية، ويُناسب هذه القوى وجود أشكال محددة من المياه.

2-1-1. مياه الثقالة Gravity water:

تحت تأثير قوى الجاذبية تكون مياه الثقالة في حالة حركة سريعة نحو الأسفل، تتعلق بعامل الناقلية الهيدروليكية للتربة. يتعلق عامل الناقلية الهيدروليكية بخواص التربة وبشكل أساسي بالتركيب البنيوي للتربة، والذي يُحدد أشكال مسامات التربة وحجومها.

ومياه الثقالة إن وُجدت في التربة فستكون في الفراغات الكبيرة غير الشعرية، وهي لا تستقر في عينة التربة؛ بل تتحرك باتجاه الأسفل حتى تستقر فوق طبقة غير نفوذة لتتجمع فوقها وتشكل طبقة من المياه الجوفية.

2-1-2. مياه الخاصة الشعرية Capillary water:

تنشأ القوى الشعرية نتيجة تأثير القوى الجزئية في حدود الحالات الصلبة والسائلة والغازية للتربة والماء والهواء. وهذه القوى مشروطة بالماء في التربة وسطح الحالة الصلبة التي تحدد شكل انحناء سطح السائل، وتظهر هذه القوى والمياه الخاضعة لها في المسامات ذات الأقطار الصغيرة أو ما يسمى بالأقطار الشعرية.

2-1-3. المياه الهيجروسكوبية Hygroscopic water:

هذه القوى تؤثر في السطوح في الحالة الصلبة للتربة وبتأثيرها يزداد تركيز جزيئات الماء على سطوح ذرات التربة حتى حدوث التوازن بين ضغط بخار الماء في الهواء ورطوبة التربة.

2-2. المواصفات المائية للتربة:

تقوم التربة بدور الخزان الذي يَختزن المياه ويقدمها تدريجياً للنبات حسب احتياجه، إِذ لا يستطيع النبات اختزان الماء الضروري له خلال مراحل نموه وتطوره المختلفة، ولا نستطيع تقديم المياه للنبات بصورة مستمرة. مع ذلك يجب أن لا يُنظر إلى التربة على أنها فقط مجرد خزان للمياه يُملأ ويُفرَّغ، بل باعتبارها تؤثر بما تمتلكه من خصائص أساسية على خواص الماء، ومِن ثَمَّ تؤثر تأثيراً ملحوظاً في درجة إتاحة هذا الماء لامتصاصه من النبات. وبشكل عام يمكن اعتبار التربة وسطاً غير متجانس يتألف من أربع حالات : الحالة الصلبة والحالة الغازية والحالة السائلة والحالة الحيوية (الممتلئة بجذور النبات والأحياء الدقيقة في التربة).

تنتج الخواص الفيزيائية للتربة من النسبة بين الحالة الصلبة والحالتين السائلة والغازية؛ إِذ تشكل الحالة الصلبة نحو $(40-60\%)$ من حجم التربة وهو ثابت تقريباً مقارنةً بالحجوم المتغيرة التي يشغلها السائل والغاز أو الهواء. ويُشكِّل الطور الصلب الهيكل العام للتربة، ويُشكِّل العمود الفقري للتربة باعتباره يحدد قوامها وبناءها اللَّذَيْنِ يحددان الخواص المائية للتربة من قدرتها على اختزان الماء وسهولة حركته ضمن التربة باتجاه الجذور النباتية. وتتصف رطوبة التربة بمفهومين: رطوبة التربة، واحتياطي الرطوبة في التربة. ندعو نسبة كتلة الماء في حجم ترابي إلى كتلة هذا الحجم من التربة الجافة برطوبة التربة، ويعبَّر عنها بنسبة مئوية. وفي حالات متعددة يجوز التعبير عن الرطوبة بحجم ماء الرطوبة إلى حجم التربة. يحدد احتياطي الرطوبة عادة في عدة طبقات للتربة، ويعبَّر عنها بـ $(m^3/hectare)$ أو بـ (mm) كسماكةٍ مائية على واحدة المساحة؛ أي $(1-mm)$ من

طبقة مائية على مساحة هكتار $(10000m^2)$ تعادل $(10m^3/hectare)$. تقاس رطوبة التربة، ولعدة طبقات من التربة:

$$\omega = 10000\sum_{i=1}^{i=n} h_i \times \omega_i$$

h_i: عمق الطبقة.

ω_i : الرطوبة الحجمية للتربة في الطبقة.

n : عدد الطبقات.

i : عامل يتغير من 1 إلى n عدد الطبقات.

بمعرفة احتياطي الرطوبة في التربة في مدّتين زمنيتين، يمكن حساب تغير وتدفق الرطوبة من أي طبقة:

$$\omega = \omega_2 - \omega_1$$

حيث:

ω_1 : احتياطي الرطوبة في بداية الفترة.

ω_2: احتياطي الرطوبة في نهاية الفترة.

هناك عدة طرق لقياس الرطوبة في التربة وهي:

- وزنية: تعتمد على تجفيف التربة ووزن عينات التربة.
- تونسيومترية: تعتمد على قياس توتر رطوبة التربة، بالقوة السطحية الناشئة في التربة.
- إشعاعية: تعتمد على شدة تبادل الإشعاعات الذرية المنتشرة من مصادر إشعاعية في التربة مع جزيئات الماء أو ذرات الهيدروجين.
- كهربائية: تعتمد على قياس الخصائص الكهربائية للتربة.

يمكن أن نميز عدة أنواع للرطوبة في التربة:

2-2-1. الرطوبة عند الإشباع: تسمى بالسعة الكلية التي تقابل حالة التربة وفراغاتها ممتلئة بالماء بشكل كامل، وإذا عبَّرنا عنها بالنسبة المئوي ة لحجم عينة التربة فهي تساوي المسامية؛ وهذه القيمة من الرطوبة ليست بذات أهمية؛ إِذ إنَّها توافق حالة كون الهواء مطروداً كلياً وتكون التربةعندها غير صالحة للزراعة.

2-2-2. الرطوبة عند سعة الاحتفاظ: وهي الرطوبة التي ندعوها السعة الحقلية ونعرِّفها بأنها كتلة المياه التي يمكن للتربة الاحتفاظ بها بشرط أن يتحقق فيها الصرف بشكل حر. أي إنَّ الماء الموجود في التربة عند السعة الحقلية هو ماء شعري تحتفظ به مسامات التربة الصغيرة؛ ذات الأقطار الأقل أو تساوي (8) ميكرومتر بقوى التوتر السطحي وقوى الالتصاق.

2-2-3. الرطوبة الحرجة: هي قيمة رطوبة التربة التي يبدأ عندها النبات بالمعاناة من العجز المائي، إِذ يُفقد المخزون المائي -سهل الاستخدام- من قبل النبات، وتتوافق مع ضغط ارتشاف ضمن الأوراق النباتية بحدود (10– 8) ضغط جوي. ويُعد مفهوم الرطوبة الحرجة من المفاهيم الهامة، ولكن هذه الرطوبة تتميز بعدم الثبات؛ لأنها لا تعتمد على خواص التربة فقط، بل تعتمد على طبيعة المناخ ومواصفات النبات.

2-2-4. الرطوبة عند نقطة الذبول : هي رطوبة التربة التي يتعرض عندها النبات للذبول؛ إِذ لا يُفيد الري بعده، ونقطة الذبول الدائم تتغير حسب نوع النبات وحسب طور النمو، ويمكن اعتبارها تقريباً الرطوبة المقابلة لضغط ارتشاف الماء داخل التربة يعادل (15) ضغطاً جوياً؛ مع العلم أن بعض النباتات المتحملة للجفاف تستطيع امتصاص الماء مع ضغط ارتشاف أكبر من ذلك. مع أن حد الذبول هو صفة مميزة للنبات، ومن الصعب على مهندس الري غير الزراعي الدخول في تفاصيل ومميزات النبات؛ فمن

التقريب المقبول والأمين يمكن مقاربة ومقارنة حد الذبول مع السعة الحقلية واعتباره مساوياً نصفها تقريباً، إذ إن بعض الدراسات بينت ذلك كما في الجدول (2-1):

جدول / 2-1 / يبين حد الذبول والسعة الحقلية لبعض الترب

التربة	حد الذبول	السعة الحقلية
غضار	18	35
طمي	9	19
طمي رملي	6	13

2-2-5. الرطوبة الهيجروسكوبية: هي الرطوبة التي تكتسبها عينة تربة مجففة هوائياً من رطوبة الهواء الجوي؛ إذ يكون توتر بخار الماء ضمن العينة من التربة بحالة توازن مع توتر بخار الماء في الهواء الجوي. وهذه الرطوبة غير مفيدة للنبات.

2-2-6. الرطوبة المكافئة لماء التركيب: وهي الرطوبة المتبقية في عينة تربة مجففة لدرجة (105 درجة مئوية) حتى ثبات الوزن. وهذا الماء مرتبط بشدة في تركيب بلورات المعادن المكونة للتربة، وغير قابل لإفادة النبات.

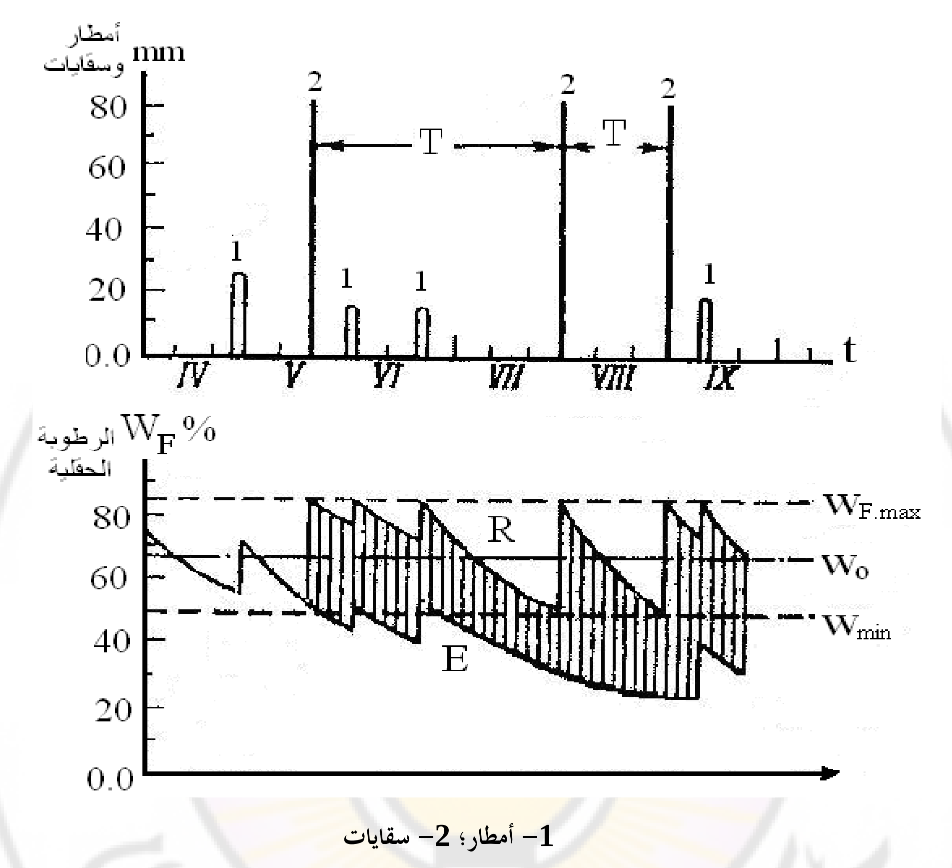
2-3. النظام المائي للتربة وسبل التحكم به:

إنَّ احتياطي التربة من المياه يتغير باستمرار؛ إذ تهطل الأمطار وتجري المياه السطحية والجوفية إلى المساحة المدروسة ويتكاثر بخار الماء عليها. ويحدد الفرق بين عناصر الورود والصرف المائي التوازن المائي للمساحة المدروسة، وتتغير عناصر هذا التوازن حسب الزمان والمكان، ولا بدَّ من معرفة هذه العناصر للحكم على نوع النظام المائي. ويحدد تغير رطوبة التربة على مدار السنة نوع النظام المائي ؛ الذي يتعلق بعوامل المناخ

والتضاريس والظروف الهيدروجيولوجية والنبات والخواص المائية للتربة ونشاط الإنسان. إنَّ أي تأثير في النظام المائي للتربة يتبعه تغير في الأنظمة الغذائية والحرارية والملحية للتربة، ومِن ثَمَّ تغير في خصوبة التربة ونم و النبات ومواعيد نضجه. فمن الواجب معرفة النظام المائي الضروري تأمينه للتربة في كل مراحل نمو النبات للوصول إلى الاستثمار الأمثل للأرض والحصول على إنتاج جيد للمحاصيل. فإذا كان النظام المائي المطلوب تأمينه في الطبقة الفعالة من التربة لنبات معين في مراحل نموه يتغير حسب المستقيم (W_O)، وأنَّ النظام المائي الطبيعي لهذه الطبقة وفق المنحني (E) .

من الشكل (2-1) نرى أنَّه يوجد عجز ثابت مع الزمن في كمية المياه اللازمة للنبات؛ ولا بدَّ من تعويض هذا العجز عن طريق الري، وذلك بتقديم سقايات إلى التربة في أوقات محددة لتخزينها في التربة ويستعملها النبات بين السقايات على النتح والتبخر. وعدد السقايات الضرورية في مرحلة النمو وأوقاتها يتبع كمية الرطوبة الموجودة في الطبقة الفعالة من التربة في بداية موسم النمو، وفي حال ازدياد هذه الكمية فإنَّ عدد السقايات قد ينقص خلال فترة النمو؛ ويمكن زيادة احتياطي التربة من المياه بتقديم سقاية احتياطية قبل الزراعة. وهذا يعني أنَّ تقديم السقايات لا يقتصر على مرحلة النمو بل يمكن تقديمها قبل الزراعة.

ومن الملاحظ أنَّ النظام المائي الجديد الناتج عن تقديم السقايات الدورية يتغير وفق المنحني المتدرج (R) حول الخط (W_O)، وتكون النهايات العظمى له أعلى من قيم (W_O)، في حين تكون النهايات الصغرى أقل من (W_O). ويتم اختيار كميات السقايات وتواريخها حتى يقترب النظام الجديد من النظام المطلوب تأمينه (W_O) وحتى لا تتعدى النهايات العظمى والصغرى لمنحني النظام الجديد قيماً معينة تحددها المواصفات المائية للتربة والطبيعة الفيزيولوجية للنبات.



1– أمطار؛ **2**– سقايات

$W_{F.\max}$ – السعة الحقلية الحدية؛ W_O – السعة الأمثلية؛ $W_{\min}$ – السعة الدنيا

شكل (2–1) نظام الرطوبة في التربة

إنَّ الحدود المسموح بها لتغير النظام المائي في التربة تتبع لعوامل عديدة؛ ففي حالة الرطوبة الأعظمية للتربة يجب أن تبقى في التربة كمية من الهواء ضرورية لتنفس الجذور وحياة البكتريا. والقيمة الأعظمية من المياه الممكن الاحتفاظ بها في التربة تتعلق بطبيعة التربة وندعوها بالسعة الحقلية الحدية وتساوي بالنسبة إلى الأتربة المختلفة (80%–60%) من مسامية التربة.

إنَّ حجم المياه الأعظمي في طبقة من التربة سماكتها (H) ومساحتها هكتار واحد، والسعة الحدية $(\omega_{max}\%)$ من المسامية يساوي:

$$W_{max} = 10000 \cdot H^x \cdot \frac{\omega_{max} \cdot n}{100 \cdot 100} = H^x \cdot \omega_{max} \cdot n$$

والحد الأدنى لكمية المياه في طبقة سماكتها (H) ومساحتها هكتار واحد، والسعة الدنيا $(\omega_{min}\%)$ من مسامية التربة تحدد من العلاقة:

$$W_{min} = 10000 \cdot H^x \cdot \frac{\omega_{min} \cdot n}{100 \cdot 100} = H^x \cdot \omega_{min} \cdot n$$

حيث: (n) – مسامية التربة % ،

(x) – ثابت يتغير حسب خواص التربة وسرعة تغلغل الماء ويساوي (1) عندما لا يتجاوز العمق $(1m)$

مثال:

لدينا $(\omega_{max}\% = 80\%)$، ومسامية التربة الرملية $(n\% = 30\%)$؛ احسب السعة الحقلية الحدية لهذه التربة، ثم احسب الزيادة في السعة الحقلية لتربة رملية غضارية $(n = 55\%)$.

المناقشة:

$$W_{max} = 10000 \cdot H^x \cdot \frac{\omega_{max} \cdot n}{100 \cdot 100} = H^x \cdot \omega_{max} \cdot n$$

$$(W_{max})_1 = 10000 \cdot (0.9)^1 \cdot \frac{80 \cdot 30}{100 \cdot 100} = (0.9)^1 \cdot 80 \cdot 30 = 2160...m^3 / hect$$

$$(W_{max})_2 = 10000 \cdot (0.9)^1 \cdot \frac{80 \cdot 55}{100 \cdot 100} = (0.9)^1 \cdot 80 \cdot 55 = 3960...m^3 / hect$$

فتكون الزيادة في السعة الحقلية للتربة الغضارية الرملية عن التربة الرملية:

$$(W_{max})_2 - (W_{min}) = 3960 - 2160 = 1800..m^3 / hect$$

1-3-2. تأثير الري في النبات ومناخ الطبقة الملاصقة للتربة (المناخ الميكروي):

يؤثر الري تأثيراً جيداً في المناخ الميكروي للمساحة المروية؛ إذ يُخفِّض درجة حرارة الهواء الأعظمية نهاراً (6) درجات ويرفعها ليلاً بمقدار (3) درجات، وذلك على ارتفاع نصف متر، ولهذا فالري يُدفئ التربة في الطقس البارد، ويحميها من الصقيع حتى (3-) درجة، كما يرفع الري رطوبة الهواء النسبية، ويُخفِّض درجة حرارة سطح التربة ويصل الفرق إلى حدود (25%)؛ كما يُخفِّض من مدى تغير هذه الحرارة مقارنةً مع تربة جافة.

وباستعمال الري بالرش فإنَّ التأثير الجيد في المناخ الميكروي يزداد، فتنخفض الفروق الحرارية وترتفع الرطوبة، خاصةً مع وجود مصدات رياح.

يُحسِّن الري تزويد التربة بالماء والهواء مما يزيد خصوبة التربة ويؤثر تأثيراً إيجابياً في نمو النبات وتطوره. كما يُخفِّض الري القوة الضرورية لامتصاص المياه بواسطة الجذور، ويزيد سطح الأوراق مما يؤدي إلى زيادة التمثيل اليخضوري، ويُحسِّن نظام تغذية النبات مما يؤدي إلى تحسن نمو النبات وزيادة الإنتاج. ففي المناطق الجافة يزداد الإنتاج (3 – 2) مرات، في حين يزداد بمقدار (6 – 3) مرات في المناطق الجافة جداً.

ولكن يجب الانتباه إلى أنَّ النبات يحتاج إلى كميات محددة من المياه والغذاء والحرارة والهواء في التربة، وذلك بصورة مستمرة ولكل هذه العناصر مجتمعة، وفي كل مرحلة من مراحل النمو ليتمكن من النمو الجيد والحصول على إنتاج وفير.

لذلك فإنَّ المحصول لا يُحدده عامل واحد مثل كمية المياه؛ بل مجموعة عناصر ضرورية لنمو النبات وتطوره. فإذا تمت في ظروف معينة زيادة المياه فقط فإنَّ المحصول سيزداد في البداية ثم يتوقف عند حد معين؛ ولهذا يجب عدم زيادة المياه عن حدٍ معين

لأن هذه الزيادة ستؤدي إلى: – عدم زيادة المحصول، – هدر المياه والجهد، – رفع مستوى المياه الجوفية، – تأخر نضج المحصول.

2-3-2. علاقة الماء بالتربة:

يوجد الماء في التربة، ويشغل مساماتها البينية الفارغة من الهواء، ويؤثر الماء في صفات التربة الزراعية الطبيعية وعلى حالة التهوية فيها، والتي تؤثر في النمو والإنتاجية.

أما التربة الزراعية فإنها تعني الطبقة السطحية من القشرة الأرضية الصالحة لنمو النباتات على أن تتصف بما يأتي:

1. سمكها يكفي لتغطية الجذور.
2. لا تكون شديدة التماسك ليسهل خدمتها وحركة الماء والهواء فيها.
3. لها القدرة على الاحتفاظ بالرطوبة اللازمة لسد الاحتياجات المائية.

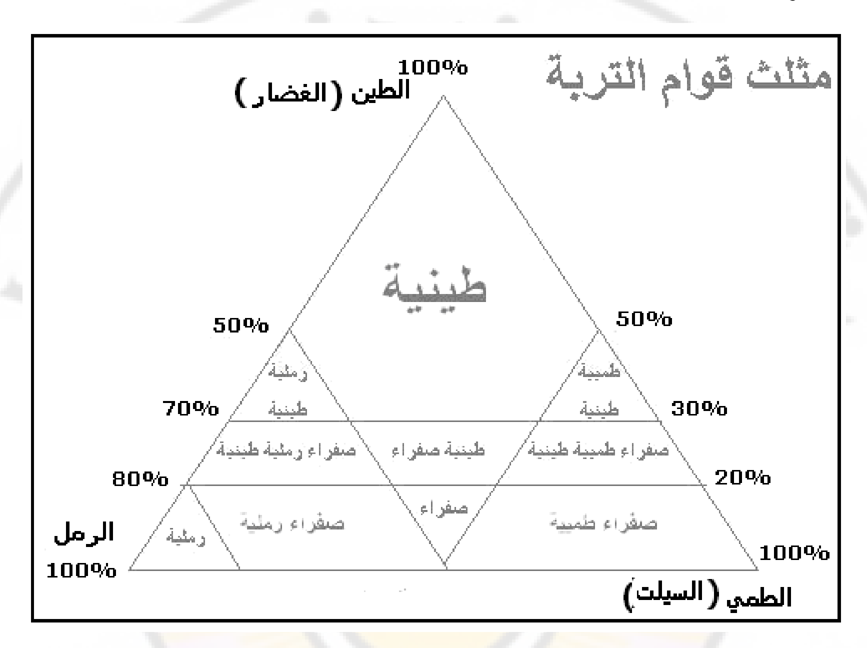
2-3-3. الخواص الطبيعية للتربة:

عند التخطيط لأي نظام ري ينبغي أن يكون المهندس أو المختص ملماً بالخصائص الطبيعية (الفيزيائية) للتربة الزراعية التي تؤثر في حركة الماء والاحتفاظ به، وفيما يأتي أهم خصائص التربة:

أ– قوام التربة: هي النسبة المئوية لكل من الرمل والسلت والطين الموجودة في التربة، أي إنها تعبر عن نسب تواجد كل مكونات حبيبات التربة. وهو مصطلح علمي يعكس مدى خشونة أو نعومة حبيبات التربة ككل، ويعطي صورة واضحة عن نوع التربة. ويتم تحديد النسب المئوية لمكونات التربة من واقع نتائج التحليل الميكانيكي للتربة معملياً، انظر مثلث قوام التربة شكل (2-2).

يُطْلَق عادة على الأراضي الطينية بأنها «ناعمة القوام»، وللأراضي الرملية «خشنة القوام»، أما الأراضي التي تحتوي على نسب متقاربة من الطين والطمي والرمل «متوسطة

القوام». ولكن هذا التقسيم لا يعكس مدى خصوبة التربة أو مدى قدرتها الإنتاجية ولا درجة ملوحتها، ولكن قوام التربة يؤثر في سعة التربة للاحتفاظ بالماء وعلى حركة الهواء من التربة وإليها.



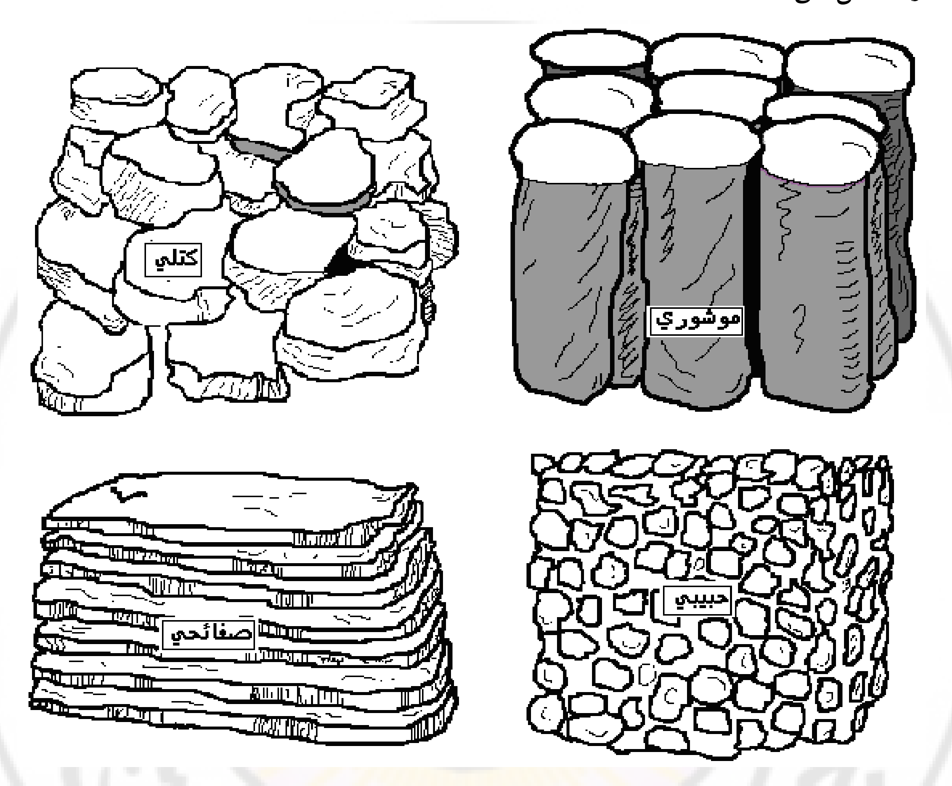
شكل (2-2) مثلث قوام التربة

ب- بنية التربة: هي نظام ترتيب حبيبات التربة الأولية في وحدات بنائية معينة يطلق عليها المجاميع شكل (2-3)، وتؤثر البنية في صفات التربة الآتية: حركة ماء التربة وتأثيرها في نفاذية التربة، وحركة هواء التربة، و حرارة التربة.

ج- الكثافة الحقيقية للتربة (الوزن النوعي) γ_s:

تعرف بأنها وزن وحدة حجم الأجزاء الصلبة للتربة، ويستبعد منها حجم الفراغات البينية من الحساب، أي إنَّ حجم العينة هو حجم المادة الصلبة فقط، ويعبر عنها $(gr.f/cm^3)$. تراوح الكثافة الحقيقية للترب ما بين $(2.6-2.75gr.f/cm^3)$،

وتتباين القيمة حسب نوع المعادن الموجودة فيها. بشكل عام وجود المواد العضوية في التربة يقلل من كثافتها الحقيقية.



شكل (2-3) أشكال بناء التربة المختلفة

د- الكثافة الظاهرية للتربة (الوزن الحجمي) γ_v:

تعرف بأنها وزن وحدة حجم عينة التربة بحالتها الطبيعية بما فيها من فراغات، وتختلف قيمتها باختلاف قوام وبنية التربة. كما أن لها أهمية خاصة في تحديد المعاملات الرطوبية المختلفة واحتياجات الري، وتراوح قيم الكثافة الظاهرية للترب الطينية والسلتية ما بين $(1-1.6 gr.f/cm^3)$ ، وللترب الرملية ما بين $(1.2-1.8 gr.f/cm^3)$.

ه – مسامية التربة n : هي نسبة حجم الفراغات الموجودة بين حبيبات التربة، وتراوح ما بين (35–55%) للترب الزراعية. مسامية الترب الرملية عادة تكون أقل من مسامية الترب الطينية.

و– نفاذية التربة k: تعد النفاذية من صفات التربة المهمة التي تبين سرعة حركة الماء خلال الفراغات البينية للتربة نتيجة لقوى الجاذبية الأرضية. وتتأثر النفاذية بقوام وبنية التربة وبعوامل كثيرة أخرى.

2–3–4. تصنيف ماء التربة

أ). **المياه المتاحة الكلية**: هي كمية مياه الرطوبة التي تحتفظ بها التربة بين السعة الحقلية ونقطة الذبول، ويستفيد النبات من جزء كبير من هذه المياه، شكل(2-4).

المياه المتاحة الكلية = السعة الحقلية – نقطة الذبول

ب). **المياه المتاحة بيسر**: هي كمية المياه الموجودة في التربة التي يتمكن النبات من استنفاذها دون جهد، وتساوي:

المتاحة بيسر= المياه المتاحة الكلية × نسبة الاستنفاذ.

ملاحظة: نسبة الاستنفاذ تراوح بين(35 – 75%) .

ج). **مياه فائضة:** تمثل كمية المياه التي تزيد على السعة الحقلية والمتسربة إلى أعماق التربة خارج منطقة الجذور بفعل الجاذبية الأرضية.

2–3–5.المحتوى الرطوبي للتربة

أ). المحتوى الرطوبي الوزني الجاف (ω_{wd}):

$$\omega_{wd} = \frac{W_w}{W_d} \times 100$$

ب). المحتوى الرطوبي الوزني الرطب (ω_{ww}):

$$\omega_{ww} = \frac{W_w}{W_s} \times 100 .$$

ج). المحتوى الرطوبي الحجمي (ω_v):

$$\omega_v = \frac{V_w}{V} \times 100$$

حيث إن:

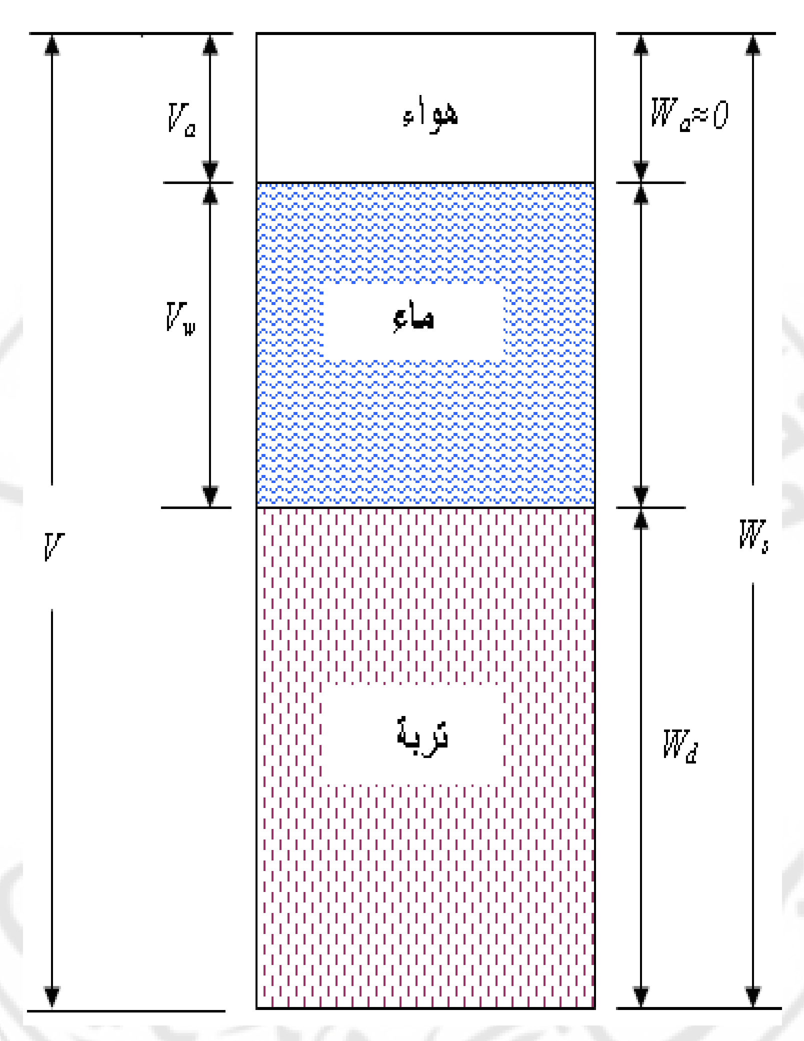
W_w= وزن المياه في عينة التربة.

W_d= وزن عينة التربة بعد التجفيف.

W_s= وزن عينة التربة قبل التجفيف.

V_w= حجم المياه في عينة التربة.

V= حجم عينة التربة الكلي بما فيها من ماء وهواء.



شكل (**2–4**) مقطع يبين مكونات التربة الرئيسية



الفصل الثالث

نظام ري المحاصيل الزراعية

3-1. متطلبات المحاصيل لنظام التربة المائي والهوائي

تُعدّ الاحتياجات المائية الخطوة الأولى لتصميم مشروعات الري ، ولكن معرفة هذه الاحتياجات الكلية لا تسمح بحل المسألة العملية للسقاية مباشرة ، بل هناك اعتباران أساسيان تجب مناقشتهما:

- ضرورة تقديم المياه للنبات بدلالة الاحتياجات الفعلية المتغيرة حسب مرحلة النمو،

- معرفة تركيب التربة وخواصها الفيزيائية لكي تتمكن التربة أن تؤدِّي وظيفة المنظم للرطوبة. إذ إنَّه لا يمكن تقديم المياه للتربة بشكل مستمر لمجموعة من الاعتبارات العملية التي من أهمها:

a. تحديد عيار السقاية بشكل يتلاءم مع قدرة التربة على تخزين المياه وعمق جذور النباتات.

b. تحديد التدفق المستمر لمياه الري والتغيرات الشهرية.

c. تحديد المعطيات التي تهم المزارع كأبعاد الحقول، وتدفق المياه ، وزمن السقاية والتباعد بين السقايات.

3-1-1. المبادئ الأساسية والعوامل الطبيعية للري:

3-1-1-1. التدفق المميز للري:

تتغير احتياجات النباتات والمزروعات بشكل كبير أثناء نموها، فتكون قليلة خلال المدّة الأولى ثم تتزايد إلى أن تصل إلى القيمة العظمى خلال مُدَد النمو التي يحتاج فيها

النبات المياه لتغطية احتياجه الداخلي واحتياجات التبخر والتي تكون كبيرة في أشهر الصيف الحارة؛ ويتراجع الاحتياج المائي للنبات مع تقدم النمو إلى أن يتم النضج والحصاد؛ انظر المنحني /1/ في الشكل (3–1).



1– الاستهلاك اليومي الوسطي، 2– الاستهلاك الكلي

شكل (3–1) منحنيات الاستهلاك المائي

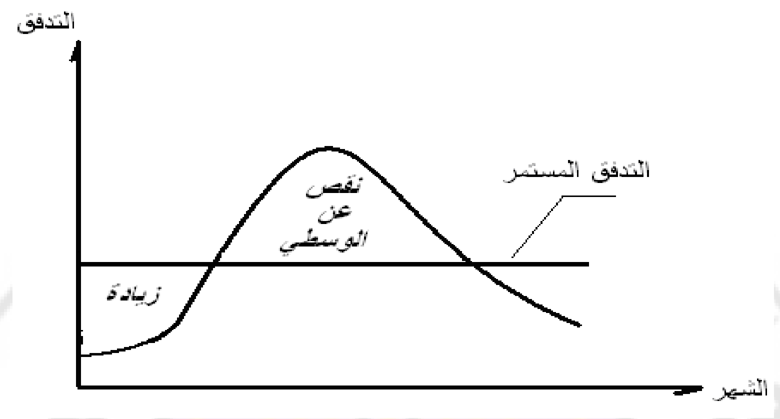
يمكننا أن نحسب التدفق الثابت الذي يقدم للهكتار الواحد خلال مدّة النمو الكامل للمحصول بمعرفة الكمية الكلية للماء التي يحتاجها الهكتار خلال مدّة النمو، وندعو هذا التدفق بالتدفق الوهمي الوسطي المستمر أو المعامل المائي شكل (3-2). يقاس التدفق الوهمي المستمر الوسطي (q) بـ $(l/\sec/hectare)$.

مثال:

إذا كان الاحتياج المائي لأحد المحاصيل الزراعية $(6000m^3)$ خلال مدّة النمو والتي تستمر ثلاثة أشهر؛ يكون التدفق الوسطي المستمر:

$$q = (6000 \times 1000 / 30 \times 3 \times 24 \times 60 \times 60)$$

$$q = 0.772....l/\sec/hec$$



الشكل (3–2) تغير الاحتياج المائي مع تقدم نمو المحصول مقارنةً مع التدفق المستمر

من الملاحظ من الشكل (3-2) أنه عندما تبلغ الاحتياجات المائية قيمتها العظمى فإنَّ التدفق المستمر لا يمكن الاعتماد عليه كتدفق كاف، خلال هذه المدّة لتغطية هذه الاحتياجات، ومِن ثَمَّ لا يمكن الاعتماد على هذا التدفق في تحديد أبعاد شبكة الري. لذلك يتم اللجوء إلى تحديد تدفق آخر أكثر أهمية من الناحية العملية باعتباره يُشكل الأساس لتحديد أبعاد شبكة الري، ويدعى هذا التدفق بالتدفق المميز (q_c)، والذي يحسب على أساسه الاحتياجات المائية الأعظمية خلال الشهر الحرج، ومِن ثَمَّ يكون أكبر من التدفق المستمر ويعبر عنه أيضاً بـ $(l/\sec/hectare)$.

مثال:

إذا كان الاحتياج المائي الأعظم لأحد المحاصيل الزراعية $(3500...m^3/hec)$ خلال شهر النمو الحرج؛ يكون التدفق المميز:

$$q_c = (3500 \times 1000 / 30 \times 1 \times 24 \times 60 \times 60)$$

$$q_c = 1.35...l/\sec/hec$$

3–1–1–2. مقنن الري أو عجز التوازن المائي: من أجل تحقيق الاحتياجات المائية للنبات لا بد من تأمين العجز المائي الذي يساوي الفرق بين الاستهلاك المائي

للنبات وبين ما يحصل عليه النبات من الطبيعة، وسوف نسمي هذا الفرق بعجز التوازن المائي، أو مقنن الري الذي يحسب بالعلاقة:

$$M = ET_C - \alpha P_r - (W_2 - W_1) \pm W_{gr}$$

ET_C – الاستهلاك المائي للمحصول،

P_r – الهطول المطري.

α – عامل استثمار المطار.

W_1 – احتياطي الطبقة الفعالة في بداية المدّة.

W_2 – احتياطي الطبقة الفعالة في نهاية المدّة.

W_{gr} – التبادل الشاقولي بين الطبقة الفعالة والماء الجوفي ، (–) في حال المياه الصاعدة بالخاصة الشعرية، (+) في حال المياه الراشحة.

إنَّ مقنن الري لا يبقى ثابتاً في كل السنوات، وذلك لتغير المتغيرات الداخلة في مقنن الري، وللحصول على أفضل فعالية لمياه الري لا بد من إدارة مائية جيدة واختيار المحاصيل الاقتصادية ودراسة العوامل المناخية والتربة بشكل جيد أيضاً.

يتغير الاحتياج المائي للنبات خلال موسم النمو وفق منحن معين تبعاً لمراحل النمو، لذا يتم تقديم مقنن الري على دفعات متفرقة ندعوها بالسقايات:

$$M = \sum m_i$$

m – مقنن السقاية الواحدة أو كمية المياه المقدمة إلى واحدة المساحة في السقاية الواحدة، ويعبَّر عنها على شكل سماكة مائية (مم) أو حجم مائي للهكتار (م^3/هـ).

قبل السقاية يتوفر مخزون محدد من الرطوبة في الطبقة الفعالة، وبعد تقديم السقاية يزداد هذا المخزون إلى حد قد يتجاوز السعة الحقلية أو لا يصل إليها؛ لذلك لا بد من تحديد مسبق لمقنن السقاية، وتحديد مسبق لمِدَد تنفيذ السقاية ولطول المدّة ما بين

السقايات المتتالية، على نحوٍ نحصل على نظام مائي أمثل لنمو النبات. وبشكل عام يجب أن لا تنخفض الرطوبة في التربة عن السعة الدنيا، ولا تتجاوز الرطوبة السعة الحقلية بعد تقديم السقاية. وتُعدُّ كل زيادة هدراً لا ضرورة له، يتم رشحه للطبقات السفلى بعيداً عن الجذور.

ويتم تحديد مقنن السقاية لأعماق لا تتجاوز عمق متر واحد من العلاقة الآتية:

$$m = A \cdot H \cdot (\omega_{\max} - \omega_{\min})$$

حيث:

A – المسامية،

H – عمق الطبقة الفعالة،

$\omega_{\max}$ – السعة الحقلية العظمى،

$\omega_{\min}$ – السعة الحقلية الدنيا.

يبدو من العلاقة السابقة أنَّ مقنن السقاية يتعلق بالمسامية وعمق الطبقة الفعالة والفرق بين السعتين الدنيا والعظمى. وهو صغير في بداية الموسم وكبير في وقت الاحتياج الأعظم ويصغر أيضاً في نهاية الموسم.

من الأسئلة التي تُطرَح: متى يتم تقديم السقاية؟.. وبعد تقديم السقاية هل يجب رفع الرطوبة حتى السعة الحدية؟.. وهل يجب الانتظار حتى تتناقص الرطوبة إلى السعة الدنيا حيت يتم تقديم السقاية؟..لكننا في الواقع نجد أنَّ النبات يحب أن تبقى الرطوبة ثابتة عند حدود الرطوبة الأمثلية مما يعني تقديم المياه بصورة مستمرة ومشابهة للاستهلاك المائي؛ وهذا الأمر ممكن في ظروف محدودة، إلا أنَّ هذا غير متوفر في ظروف ري المساحات الكبيرة، وكذلك بحاجة إلى تكنولوجيا متطورة وإمكانيات مادية ضخمة. يمكن تصميم نظام الري في المناطق المستصلحة حديثاً بالطريقة الحسابية، ويعدل لاحقاً على أساس الخبرة المكتسبة، ولتحديد نظام الري يجب تحليل ما يأتي:

- الاستهلاك المائي على النتح التبخري وتوزيعه اليومي وتغيره حسب مراحل النمو.
- الاحتياطي الطبيعي للرطوبة في الطبقة الفعالة من التربة قبل الزراعة وإمكانية رفعه بزيادة استثمار الأمطار أو الجريانات السطحية، أو إجراء سقايات احتياطية.
- تطور سماكة الطبقة الفعالة حسب مراحل النمو.
- الاحتياطي الأدنى الذي يمكن السماح به لرطوبة التربة؛ وكذلك السعة الحقلية الحدية.

تملأ المعطيات في جدول التوازن المائي للطبقة الفعالة كما في الجدول (3-1) وعلى أساسه يتم رسم مخطط التوازن المائي كما في الشكل (3-3).

نلاحظ أنه من الواجب تسجيل الأزمنة الحسابية (العشريات) بالتدريج بدءاً من بداية الموسم وحتى نهايته في العمود الأول.

ويخصص العمود الثاني لتطور سماكة الطبقة الفعالة لنمو الجذور، وفي العمود الثالث والرابع على التوالي قيم السعة الحقلية الحدية والسعة الدنيا المسموح بها.

أما العمود الخامس يخصص لقيم الاحتياطي الفعلي للرطوبة في التربة الذي يتغير خلال مدّة الموسم، وفي العمود السادس قيم الاستهلاك المائي لكل عشرية.

أما في العمود السابع تسجل كمية الأمطار الفعالة التي هطلت خلال العشرية المعينة، وفي العمود الثامن نسجل الوارد للطبقة الفعالة نتيجة زيادة عمق الطبقة الفعالة.

وفي العمود التاسع قيم السقايات التي نقدمها، أما المعلومات في العمود العاشر تمثل مجموع (السابع والثامن) في حال عدم وجود سقاية في العمود التاسع. أما في حال تقديم سقاية التي تُسجَّل في العمود التاسع فيمثل العمود العاشر مجموع الأعمدة (السابع والثامن والتاسع) أي بعد إضافة السقاية اللازمة.

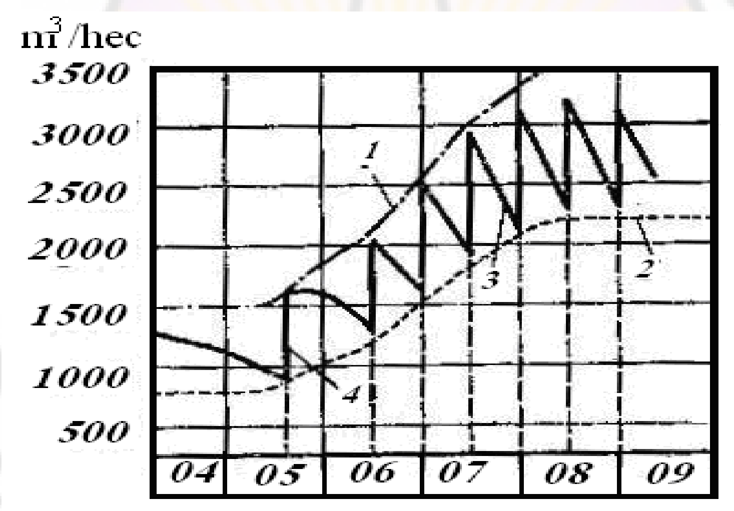
جدول (3–1) مثال عن الموازنة المائية لواحد من المحاصيل

المُدَد الزمنية	سماكة الطبقة الفعالة، m	الاحتياطي الحدي في الطبقة في نهاية المدّة		الرطوبة في بداية المدّة،	الاستهلاك على النتح- تبخر	كميات المياه الواردة خلال المدّة، m^3/hec				احتياطي الرطوبة في نهاية المدّة	مواعيد السقايات	المدّة بين السقايات
		Wmax, m3/hec	Wmin, m3/hec			الأمطار	احتياطي زيادة الطبقة الفعالة	السقايات	المجموع			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4/20–11	0.40	1480	800	**1330**	78	–	–	–	–	**1252**	–	–
4/31–21	0.40	1480	800	**1252**	156	100	–	–	100	**1196**	–	–
5/10–1	0.40	1480	800	**1196**	196	–	–	–		**1000**	–	–
5/20–11	0.45	1660	900	**1000**	235	–	160	700	860	**1625**	5-20	–
5/31–21	0.50	1840	1000	**1625**	274	150	160	–	310	**1661**	–	–
6/10–1	0.55	2020	1120	**1661**	352	–	170	–	170	**1479**	–	–
6/20–11	0.60	2200	1200	**1479**	469	–	160	800	960	**1970**	6–15	25
6/30–21	0.70	2520	1500	**1970**	626	–	290	1000	1290	**2634**	6–30	15
7/10–1	0.80	2840	1750	**2634**	704	–	290	–	290	**2220**	–	
7/20–11	0.90	3100	1900	**2220**	719	–	230	1000	1230	**2731**	7–15	15
7/31–21	0.95	3275	2050	**2731**	805	–	150	1000	1150	**3076**	7–30	15
8/10–1	1.00	3450	2200	**3076**	719	–	160	–	160	**2517**	–	
8/20–11	1.00	3450	2200	**2517**	704	–	–	1000	1000	**2813**	8–14	15
8/31–21	1.00	3450	2200	**2813**	688	–	–	900	900	**3025**	8–29	15
9/10–1	1.00	3450	2200	**3025**	469	–	–	–	–	**2556**	–	–
9/20–11	1.00	3450	2200	**2556**	391	250	–	–	250	**2415**	–	–
9/30–21	1.00	3450	2200	**3415**	235	–	–	–	–	**2180**	–	–
					7820	**500**	**1770**	**6400**	**8770**			

أما العمود الحادي عشر يُحْسَب في البداية على الشكل: $\left[11\vec{=}5-6+(7+8)\right]$ ونقارنه مع قيمة السعة الدنيا الموافقة لنهاية العشرية، فإذا كانت أعلى فهذا يعني أنه لا داعي لتنفيذ السقاية في هذه العشرية، أما في الحالة المعاكسة فإننا نحسب القيمة للعمود الحادي عشر كالآتي:

$\left[11\vec{=}5-6+(7+8+9)\vec{=}5-6+10\right]$ وهذه القيمة نضعها في العمود الخامس في بداية العشرية الآتية وهو حتماً أعلى من السعة الدنيا، وأقل من السعة الحدية. يحدد التاريخ الوسطي للسقاية، ويسجل في العمود (12)، وتحدد المدَد مابين السقايات كفرق التواريخ الوسطية لكل سقايتين متتاليتين.

يُحدِّد محتوى العمودين / 3،4/ مجال تغير الرطوبة في الطبقة الفعالة الأدنى والأعظم تبعاً لتغير العمق الفعَّال. والعمود الخامس من جدول التوازن المائي يمثل الخط المنكسر بين الحدين السابقين، شكل (3-3)؛ والذي يُعبِّر عن تغير الرطوبة تبعاً للاستهلاك وتقديم السقايات.



1- احتياطي الرطوبة الأعظمي، 2- احتياطي الرطوبة الأصغري

3- احتياطي الرطوبة بعد السقايات، 4- السقايات

شكل(3-3) مخطط التوازن المائي

يمكن أن نعيد رسم مخطط التوازن المائي إلى مخطط سقايات للمحصول الزراعي المدروس كما في الشكل (3-4)؛

ويمثل المحور الأفقي تاريخ تنفيذ السقايات والمحور الشاقولي قيم التصريف الموافق للسقاية، وقد تم تمثيلها على المخطط على شكل مستطيلات مساحة كل منها تساوي

حجم المياه المقدم في السقاية للحقل المحدد والذي يساوي مقنن السقاية للهكتار الواحد مضروباً بمساحة الحقل. ويظهر على مخطط السقايات بداية كل سقاية ونهايتها، وكذلك المدَد بين السقايات المتتالية.

$$Q \cdot t = m \cdot A$$

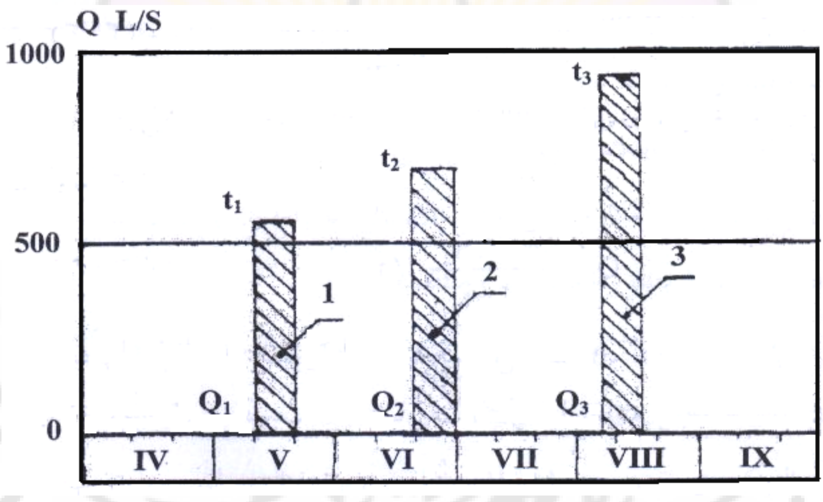
حيث:

Q – تصريف السقاية،.

t – مدة السقاية.

m – مقنن السقاية.

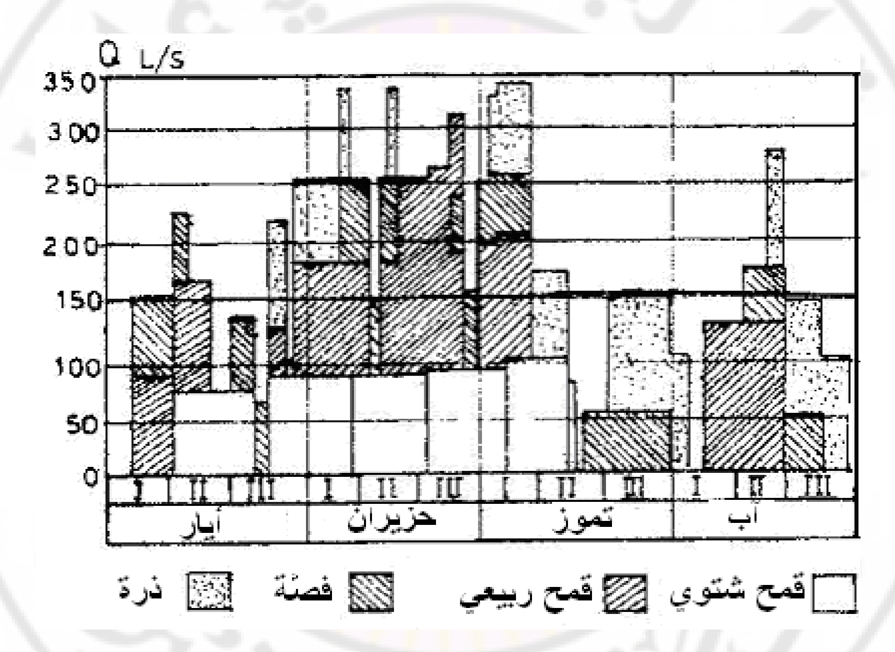
A – مساحة الحقل المروية.



شكل (3–4) مخطط السقايات لواحد من المحاصيل

في الفقرة السابقة رأينا كيف نحدد نظام الري لمحصول واحد ؛ إلا أنَّ مساحة شبكة الري تُزرع بمحاصيل متعددة تُشكل دورة زراعية، ويمكن تطبيق أكثر من دورة زراعية في المشروع نفسه. إذ لا بد من تحديد نظام ري المحاصيل التي تشكل الدورة الزراعية المعتمدة في المشروع.

بتكرار الأسلوب نفسه تُحدد المساحات المخصصة لكل محصول، وتضاف السقاية والتصاريف اللازمة لهذه السقايات، وللحصول على التصريف الكلي والضروري لسقاية كل المحاصيل المزروعة معاً، وفي كل المواسم نجمع التصاريف التي استعملت للسقاية بها في آن واحد؛ ويجري الجمع بصورة تخطيطية، وفي أغلب الأحيان تتداخل أوقات السقايات للمحاصيل فيجري جمع التصاريف في تلك الأوقات شكل (3-5).



شكل (3–5) يوضح مخطط السقايات لعدة محاصيل (قبل التشذيب)

إنَّ مخطط السقايات الأولي الذي حصلنا عليه يعطينا تغير التصاريف خلال كامل موسم النمو، إلا أنه غير قابل للتطبيق، ويحتاج إلى إجراء بعض التعديلات وهو ما نسميه بتهذيب أو تشذيب المخطط. يتم تشذيب المخطط عادة للأسباب الآتية:

- يحتوي المخطط الأولي تغيرات دورية شديدة.
- هناك أوقات توقف في عمل الشبكة ، الأمر الذي لا يمكن قبوله.

- لاستيعاب التصاريف الكبيرة المقابلة للنهايات العظمى لا بد من زيادة السعة التصريفية للأقنية بصورة كبيرة.

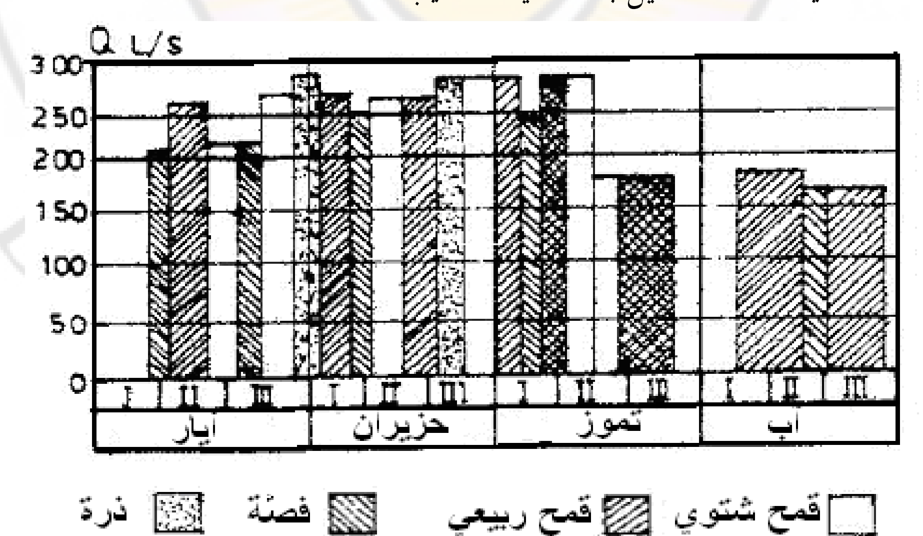
وبتشذيب المخطط الأولي نحصل على الفوائد الآتية:

- خفض التصاريف اللازمة من (20-30)% ، الأمر الذي يخفض أبعاد الأقنية.
- تعمل الشبكة بصورة مستمرة ومنتظمة.
- تحسين الربط بين تصاريف الأقنية وتصاريف الاستثمار.

ويجري التشذيب حسب المبادئ الآتية:

1- يمكن التبكير في تقديم السقاية، أي بإزاحة تاريخها الوسطي دون تعديل مدة السقاية بزمن لا يتجاوز (2-4) أيام حسب تقنية السقاية، ويمكن تأخير السقاية أيضاً لكن بعد معرفة مقاومة المحصول للجفاف.

2- يمكن تطويل أو تقصير مدة السقاية مع تعديل قيمة تصريف السقاية بما يتناسب مع المدة الجديدة للسقاية، مع بقاء التاريخ الوسطي للسقاية ثابتاً. الشكل (3-6) يبين مخطط السقايات لعدة محاصيل بعد عملية التشذيب.



شكل (3-6) يوضح مخطط السقايات لعدة محاصيل (بعد التشذيب)

مثال:

لدينا المعطيات المبينة في الجدول (3-2)، والمطلوب دراسة الموازنة المائية، مع تحديد كمية السقايات وموعد السقايات.

جدول (3–2) معطيات الموازنة المائية لواحد من المحاصيل

المُدَد الزمنية	سماكة الطبقة الفعالة، m	الاحتياطي الحدي في الطبقة في نهاية المدّة		الرطوبة في بداية المدّة،	الاستهلاك على النتح- تبخر	كميات المياه الواردة خلال المدّة، m3/hec				احتياطي الرطوبة في نهاية المدّة	مواعيد السقايات	المدّة بين السقايات
		Wmax, m3/hec	Wmin, m3/hec			الأمطار	احتياطي زيادة الطبقة الفعالة	السقايات،	المجموع،			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7/10–1	0.30	990	595		360	–	0.0					
7/20–11	0.30	990	595		360	–	0.0					
7/31–21	0.35	1115	670		360	–	110					
8/10–1	0.40	1240	745		450	–	110					
8/20–11	0.45	1400	840		755	–	145					
8/31–21	0.50	1560	935		1055	–	145					
9/10–1	0.55	1720	1030		820	–	145					
9/20–11	0.60	1880	1130		820	–	145					
9/30–21	0.70	2160	1290		820	–	250					
10/10–1	0.70	2160	1290		490	10	0.0					
10/20–11	0.70	2160	1290		400	40	0.0					
10/30–21	0.70	2160	1290		290	0.0	0.0					

مناقشة الحل: ندرس الموازنة المائية كما مر معنا ونضع النتائج في الجدول السابق؛ وبالنتيجة نحصل على جدول الموازنة النهائي كما في الجدول (3-3)؛ نلاحظ كيف تم اختيار السقايات في العمود (9) وموعدها في العمود (12) والمدّة بين السقايات في العمود (13)؛ انظر الجدول (3-3).

جدول (3–3) مثال عن الموازنة المائية لواحد من المحاصيل

المُدَد الزمنية	سماكة الطبقة الفعالة، m	الاحتياطي الحدي في الطبقة في نهاية المدّة		الرطوبة في بداية المدّة،	الاستهلاك على النتح- تبخر	كميات المياه الواردة خلال المدّة، m3/hec				احتياطي الرطوبة في نهاية المدّة	مواعيد السقايات	المدّة بين السقايات
		Wmax, m3/hec	Wmin, m3/hec			الأمطار	احتياطي زيادة الطبقة الفعالة	السقايات،	المجموع،			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7/10–1	0.30	990	595	595	360	–	0.0	500	500	**635**	7/1	
7/20–11	0.30	990	595	**635**	360	–	0.0	500	500	**775**	7/12	11
7/31–21	0.35	1115	670	**775**	360	–	110	500	610	**1025**	7/23	11
8/10–1	0.40	1240	745	**1025**	450	–	110	500	610	**1185**	8/3	11
8/20–11	0.45	1400	840	**1185**	755	–	145	800	945	**1375**	8/14	11
8/31–21	0.50	1560	935	**1375**	1055	–	145	800	945	**1265**	8/25	11
9/10–1	0.55	1720	1030	**1265**	820	–	145	800	945	**1390**	9/5	11
9/20–11	0.60	1880	1130	**1390**	820	–	145	800	945	**1515**	9/15	10
9/30–21	0.70	2160	1290	**1515**	820	–	250	800	1050	**1745**	9/25	10
10/10–1	0.70	2160	1290	**1745**	490	10	0.0	400	410	**1665**	10/5	10
10/20–11	0.70	2160	1290	**1665**	400	40	0.0	400	440	**1705**	10/15	10
10/30–21	0.70	2160	1290	**1705**	290	0.0	0.0	0.0	0.0	**1415**	=	=

3–1–1–3. تقدير الاحتياجات المائية: إنَّ تحديد كمية الماء التي يحتاجها الحقل مهم جداً لتصميم أي مشروع ري، وللإجابة عن السؤال متى نروي؟ ...وكم من المياه نروي؟ لذلك من المهم أن نعرف الاحتياج المائي لمعرفة حجم المياه الواجب تقديمه عبر الأقنية لري المحاصيل المختلفة. إنَّ تعيين الاستهلاك المائي للمحاصيل المختلفة هو المرحلة الأولى والمهمة لتخطيط الإدارة المثلى للمياه المتوفرة، أما القيم القصوى للاستهلاك المائي فتُحدد المقاطع التصميمية للأقنية.

تؤثر في الاحتياجات المائية للنباتات العوامل الآتية:

- الظروف المناخية (درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح، كمية الأمطار، ضغط بخار الماء، شدة الإشعاع الشمسي، مدّة سطوع الشمس).
- العوامل الطبيعية (خطوط العرض، الارتفاع عن سطح البحر، خصائص تضاريس الأرض).
- طريقة الري وأنظمة الري المتبعة.
- نوع النبات وطول موسم النمو.
- نسبة سطح التربة المغطى بالنبات.
- خصائص التربة.
- كفاءة الري.

الاستهلاك المائي: يُعرَّف الاستهلاك المائي بأنه كمية المياه التي يستهلكها النبات؛ وتشمل كمية المياه المستخدمة في بناء أنسجة النبات، وكمية المياه الضائعة بالتبخر. وبما أن كمية المياه الموجودة في النبات لا تتعدى (1%) من مجموع التبخر- نتح ، نستطيع القول إنَّ الاستهلاك المائي تقريباً يساوي إلى التبخر- نتح.

ومن الضروري التمييز بين الاستهلاك المائي الفعلي للمحصول (ET_{crop}) الذي يحدث في الطبيعة من أجل أطوار النمو المختلفة والتبخر- نتح المرجعي أو التبخر- نتح الكموني ، والذي عرّفه بنمان بكمية الماء المفقودة بالتبخر والنتح في وحدة الزمن بواسطة نباتات خضراء متناسقة بطول ($8-15cm$)، ولا تعاني نقص الماء؛ أي إنَّ رطوبة التربة عند حدود السعة الحقلية، ولا يبذل النبات طاقة كبيرة في الحصول عليها. وسوف نُعبِّر عن ذلك اختصاراً بالتبخر-نتح (ET_o)، وهذا ما سنعتمد عليه في هذا الكتاب ويرتبط التبخر- نتح المرجعي أو الكموني [(التبخر – نتح) اختصاراً] والاستهلاك المائي الفعلي للمحصول بما نسميه بمعامل المحصول أو النبات (K_C):

$$ET_{crop} = K_c.ET_o$$

ويأخذ معامل المحصول (K_C) قيماً مختلفة، وتتغير قيمته من محصول لآخر ومن منطقة لأخرى ومن وقت لآخر خلال موسم النمو.

التبخر: وهو الآلية التي تعود بها مياه الهطولات أو مياه الري التي تصل سطح التربة إلى الغلاف الجوي على شكل بخار، ويمثل كل الفواقد المائية من السطوح المائية وسطح التربة.

النتح: هو العملية التي ينتقل بها بخار الماء إلى الغلاف الجوي عن طريق النبات.

احتياجات الري : وهي كمية المياه التي تقدم فعلاً لوحدة المساحة من الحقل في الرية الواحدة، مع الأخذ بعين الاعتبار الضياعات الفعلية في الحقل. وتعتمد احتياجات الري على الاستهلاك المائي وعلى كفاءة الري وكمية الأمطار ومدّتها وكمية المياه المختزنة في المنطقة الجذرية، وكذلك كمية المياه الصاعدة بالخاصة الشعرية في حال قرب المياه الجوفية.

مقنن الري الحقلي : هو عبارة عن كمية الماء التي تُعطى فعلاً لوحدة المساحة في واحدة الزمن، ويساوي الاستهلاك المائي مضافاً إليه الضياعات المائية المختلفة.

التعبير عن الاستهلاك المائي : يُعبَّر عن الاستهلاك بعدد من الواحدات المختلفة تبعاً للغرض من الدراسة:

- وحدات تصريف (م3/هكتار/موسم).
- وحدات عمق في الغالب مم/موسم.
- معدلات مثل مم/يوم، وتستخرج من قسمة عمق الماء خلال الموسم على عدد الأيام لموسم النمو.

وحدات الطاقة الحرارية : وهي عبارة عن وحدات الاستهلاك المائي مضروباً بالحرارة الكامنة للتبخر؛ التي هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل غرام واحد من الماء إلى بخار عند درجة حرارة معينة ووحداتها حريرة /غرام.

الإشعاع المكافئ لعمق التبخر: كل $(59cal/cm^2)$ أي (59) حريرة/سم 2 تعادل تبخر $(1mm)$.

3-2. طرق حساب الاستهلاك المائي:

هناك عدة طرق لحساب الاحتياجات المائية، وهذه الطرق تحول الاتجاه لدراسة التبخر- نتح إلى حساب التبخر؛ لصعوبة فصل التبخر عن النتح، ويتأثر التبخر بالعوامل الآتية:

الإشعاع الشمسي كمصدر رئيسي للحرارة على سطح الأرض، واختلاف ضغط بخار الماء، ودرجة الحرارة، والرياح، والضغط الجوي، ونوعية المياه، وطبيعة سطح التبخر.

3-2-1. طريقة بلاني-كريدل:

يمكن استخدام هذه الطريقة في المناطق التي تتوفر فيها معلومات عن درجة الحرارة وساعات النهار، مع توفر معطيات تقريبية عن الرطوبة والرياح والإشعاع الشمسي. وقد استخدم لذلك العلاقة التجريبية الآتية:

$$ET_O = P \cdot T \cdot C..............[1-3]$$

(ET_o) : التبخر —نتح مقدراً بالإنش.

$\boldsymbol{P}$: نسبة ساعات الضياء الشمسي لليوم أو الشهر (أو المدّة المطلوب حساب التبخر خلالها) إلى ساعات الضياء السنوية المفترضة؛ وتؤخذ من جداول خاصة حسب درجة العرض، جدول (3-1).

جدول (3–1) النسبة المئوية (P) لعدد ساعات الضياء في اليوم إلى مجموع ساعات الضياء السنوية المفترضة

Jan	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**may**	**Jon**	**July**	**Aug**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dec**	**شمالي**
July	**Aug**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dec**	**Jan**	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**May**	**Jon**	**جنوبي**
												د.عرض
0.15	0.20	0.26	0.32	0.38	0.41	0.40	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13	**60**
0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.40	0.39	0.34	0.28	0.23	0.18	0.15	**58**
0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39	0.38	0.33	0.28	0.23	018	0.16	**56**
0.18	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38	0.37	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17	**54**
0.19	0.22	0.27	0.31	0.35	0.37	0.36	0.33	0.28	0.24	0.20	0.17	**52**
0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.20	0.18	**50**
0.20	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19	**48**
0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.2	**46**
0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.2	**44**
0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21	**42**
0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21	**40**
0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	**0.32**	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22	**35**
0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	**0.31**	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23	**30**
0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24	**25**
0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25	**20**
0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25	**15**
0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26	**10**
0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	**5**
0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	**0**

مثال1 (تحديد قيمة P):

المعطيات: مدينة القنيطرة – خط العرض (33°) شمالاً ، الارتفاع ($500m$)

الشهر السابع (تموز)، حيث درجة الحرارة الوسطية ($t = 29^{\circ}C$) .

المناقشة والتطبيق:

من الجدول (**3–1**) وحيث إنَّ درجة العرض (33°) تقع بين (30°) و (35°) وعمود الشهر ($July$) نجد: $P = 0.315$.

T : درجة الحرارة الوسطية بالفهرنهايت: حيث ($T = 1.8t + 32$) و (t) درجة الحرارة بالدرجات المئوية.

C : عامل يتعلق بـ:

- عدد ساعات الإشعاع الشمسي المفترضة (N) ويؤخذ من الجدول $(3-7)$. وقد تؤخذ النسبة (n/N) حسب درجة التغيم من أحد الجدولين $(3-3),(3-2)$.

- عدد ساعات عدد ساعات الإشعاع الشمسي الواقعية الْمُقاسة (n) .

- الرطوبة النسبية الدنيا $(R_{H\min})$.

- سرعة الرياح.

وفي هذه المعادلة يتم تقدير (ET_o) بالإنش (كل $(1-inch)$ يساوي $(25.4mm)$، أما في حال حساب درجة الحرارة بالدرجة المئوية (t) و (ET_o) بـ مم، وكذلك (P) نسبة مئوية ، تصير العلاقة السابقة:

$$ET_O = 25.4P[(1.8t+32)/100].C$$

أو

$$ET_O = [(0.46t+8).P].C..........[2-3]$$

- بعد معرفة (n/N)، $(R_{H\min})$، سرعة الرياح (u) ، يتم تحديد المنطقة من الشكل (**3-7**)

- يتم حساب القيمة $[(0.46t+8)\cdot P]$ ،

- نقوم بتوقيع القيمة $[(0.46t+8)\cdot P]$ على المحور الأفقي ونرفع عموداً يتقاطع مع الخط الموافق لسرعة الرياح ، ومن نقطة التقاطع نسقط عموداً على المحور الشاقولي (ET_o)، حيث نحصل على القيمة (ET_o) مقدرةً بـ (مم) ، وبهذا نكون قد أخذنا بالاعتبار قيمة المعامل (C) في العلاقة: $ET_O = [(0.46t+8).P].C$

مثال(2) تحديد قيمة (C) :

المعطيات: مدينة القنيطرة – خط العرض (33°) شمالاً، الارتفاع $(500m)$، الشهر السابع (تموز) حيث عدد ساعات الإشعاع الشمسي $(n = 12...h/day)$ ودرجة الحرارة الوسطية $(t = 29^\circ C)$، سرع الرياح $(u = 4....m/\sec)$ على ارتفاع $(2m)$ والرطوبة النسبية الدنيا (30%).

المناقشة والتطبيق:

من الجدول $(3-1)$ وحيث إن درجة العرض (33°) تقع بين (30°) و (35°) وعمود الشهر $(July)$ نجد:

$$P = 0.315 .$$

من الجدول $(3-7)$ نجد:

$$(N = 14.3....h/day)،$$

ومن ثَمَّ------------ $(\frac{n}{N} = \frac{12}{14.3} = 0.84)$

ودرجة الحرارة الوسطية $(t = 29^\circ C)$، نجد:

$$(0.46t + 8) = (0.46 \times 29 + 8) = 21.34$$

وقيمة $[(0.46t + 8) \cdot P]$:

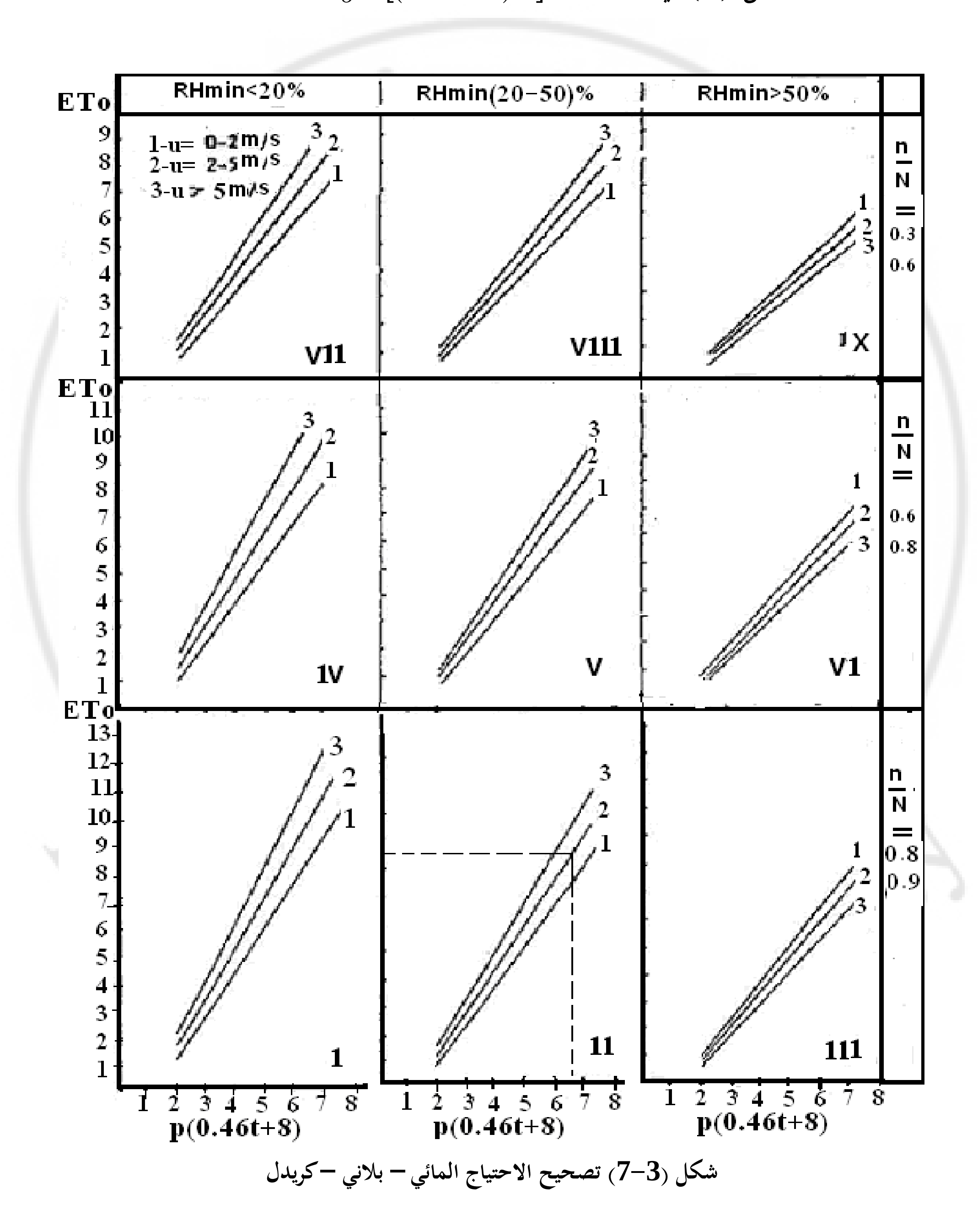
$$[(0.46t + 8) \cdot P] = 21.34 \times 0.315 = 6.72....mm/day$$

$$[(0.46t + 8) \cdot P] = 6.72.....mm/day$$

وبما أنَّ الرطوبة النسبية الدنيا (30%)؛ $(\frac{n}{N} == 0.84)$؛ $(u = 4....m/\sec)$؛ فإننا نختار المربع الثاني والخط (2) لسرعة الرياح.

نقوم بتوقيع القيمة $[(0.46t + 8) \cdot P = 6.72...mm/day]$ على المحور الأفقي ونرفع عموداً يتقاطع مع الخط (2) لسرعة الرياح ، ومن نقطة التقاطع نُسقط عموداً على المحور

الشاقولي (ET_o)، حيث نحصل على القيمة $(ET_o = 8.45..mm/day)$، وبهذا نكون قد أخذنا قيمة المعامل (C) في العلاقة: $ET_O = [(0.46t + 8).P].C$.



شكل (3–7) تصحيح الاحتياج المائي – بلاني –كريدل

3-2-2.الطريقة الإشعاعية:

وهي من الطرق النظرية التحليلية ، ويمكن تطبيقها في المناطق التي تتوفر فيها معلومات مناخية مثل درجة الحرارة، وأشعة الشمس، والغيوم، والإشعاع؛ أما الرطوبة والرياح فهي مطلوبة ولو بشكل تقريبي.

تعد طريقة الإشعاع أكثر دقةً من طريقة بلاني —كريدل، وخاصة في المناطق الاستوائية والجزر الصغيرة وعند المرتفعات العالية. والشكل العام لعلاقة التبخر–نتح:

$$ET_O = (W.R_S).C.....................[3-3]$$

(ET_o) – معدل التبخر الأعظمي بـ (mm/day) .

(W)— وهو عامل يتعلق بنسبة تغير ضغط بخار الإشباع مع درجة الحرارة، وكذلك بالارتفاع، ويؤخذ من الجدول $(3-4)$ ،

مثال:

المعطيات: مدينة القنيطرة — خط العرض (33°) شمالاً ، الارتفاع $(500m)$

الشهر السابع (تموز)، حيث درجة الحرارة الوسطية $(t = 29^\circ C)$.

المناقشة والتطبيق:

نجد قيمة عامل الوزن (W) من الجدول $(3-4)$ حسب عمود درجة الحرارة الوسطية $(t = 29^\circ C)$ وسطر الارتفاع $(500m)$ نجد قيمة (W) : $(W = 0.785)$.

(R_S)— الإشعاع الشمسي المكافئ للتبخر{ 1 حريرة/سم ^{2} = (جزء من 59) مم} ؛ وهو الإشعاع الذي يصل إلى سطح التربة بعد أن يتبعثر جزء من الإشعاع الشمسي (R_a) بعد اختراقه الغلاف الجوي، ويؤخذ حسب (R_a) [الإشعاع الشمسي على

الغلاف الجوي]، ويتم أخذ (R_a) من الجدول $(3-6)$ حسب خط العرض للموقع، ويحسب (R_S) من العلاقة:

$$R_S = \left[\left(0.25 + 0.5\frac{n}{N}\right)\right].R_a ....[3-4]$$

- (R_a) : الإشعاع الشمسي على الغلاف الجوي، من الجدول $(3-6)$ مقدراً بـ(mm/day)، وذلك حسب درجة العرض والشهر الموافق من السنة.
- n : عدد ساعات الإشعاع الشمسي الواقعية المقاسة.
- N : عدد ساعات الإشعاع الشمسي المفترضة ويؤخذ من الجدول $(3-7)$.

مثال:

المعطيات: مدينة القنيطرة – خط العرض (33°) شمالاً،

الشهر السابع (تموز) حيث عدد ساعات الإشعاع الشمسي $(n = 12...h/day)$

المناقشة والتطبيق:

من الجدول $(3-6)$ نجد: $(R_a = 17.05....mm/day)$

من الجدول $(3-7)$ نجد: $(N = 14.3....h/day)$ وبتطبيق العلاقة $[3-4]$:

$$R_S = \left[\left(0.25 + 0.5\frac{12}{14.3}\right)\right].17.05 = 11.42....mm/day$$

- وقد تؤخذ النسبة (n/N) حسب درجة التغيم من أحد الجدولين (3-2) ، (3-3)،

مثال:

المعطيات: مدينة القنيطرة – خط العرض (33°) شمالاً .

الشهر السابع (تموز) حيث درجة التغيم العشاري =1 .

المناقشة والتطبيق:

من الجدول $(3-6)$ نجد: $(R_a = 17.05....mm/day)$

من الجدول $(3-2)$ نجد: $(\frac{n}{N} = 0.85)$ وبتطبيق العلاقة$[3-4]$:

$$R_S = [(0.25 + 0.5 \times 0.85)].17.05 = 11.509....mm/day$$

- C:عامل تصحيح يعتمد على الرطوبة الوسطية وسرعة الرياح اليومية، ويتم إدخاله في الحساب حسب $(W \cdot R_S)$ من الشكل (3-8).

مثال:

المعطيات: مدينة القنيطرة – خط العرض (33°) شمالاً، الارتفاع $(500m)$، الشهر السابع (تموز) حيث عدد ساعات الإشعاع الشمسي $(n = 12...h/day)$ ودرجة الحرارة الوسطية $(t = 29^\circ C)$، سرع الرياح $(4....m/\sec)$ على ارتفاع $(2m)$ والرطوبة النسبية متوسطة في الحد الأدنى $(50-55\%)$.

المناقشة والتطبيق:

من الجدول $(3-6)$ حسب درجة العرض (33°) لنصف الكرة الشمالي نجد:

$(R_a = 17.05....mm/day)$

من الجدول $(3-7)$ نجد: $(N = 14.3....h/day)$ وبتطبيق العلاقة: [4]

$$R_S = \left[\left(0.25 + 0.5\frac{12}{14.3}\right)\right].17.05 = 11.42....mm/day$$

نجد قيمة عامل الوزن (W) من الجدول $(3-4)$ حسب عمود درجة الحرارة الوسطية $(t = 29^\circ C)$ وسطر الارتفاع $(500m)$ نجد قيمة (W): $(W = 0.785)$.

نجد قيمة $(W.R_S)$: $(W \cdot R_s = 0.785 \times 11.42 = 8.965...mm/day)$

ولإيجاد تأثير (C) في العلاقة: $ET_O = (W.R_S).C$ وبمساعدة الشكل (**3–8**) مع أخذ المربع الموافق للرطوبة المتوسطة الدنيا، والخط المقابل لسرعة الرياح وتوقيع قيمة $(W.R_S = 8.965 mm/day)$ على المحور الأفقي، ثم نقيم عمود من هذه النقطة ونقطة التقاطع مع الخط (2) نجد أنَّ القيمة الموافقة لـ $(W.R_S = 8.965...mm/day)$ على المحور الشاقولي (ET_o) : $(ET_o = 9.1...mm/day)$

جدول (3–2) درجة التغييم العشاري

درجة التغييم العشاري	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
n/N	0.95	0.85	0.80	0.75	0.65	0.55	050	0.40	0.30	0.15	-

جدول (3–3) درجة التغييم الثماني

درجة التغييم الثماني	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
n/N	0.95	0.85	0.75	0.65	0.55	0.45	0.35	0.15	-

جدول (3–4)قيم العامل (W) تبعاً لدرجة الحرارة والارتفاع

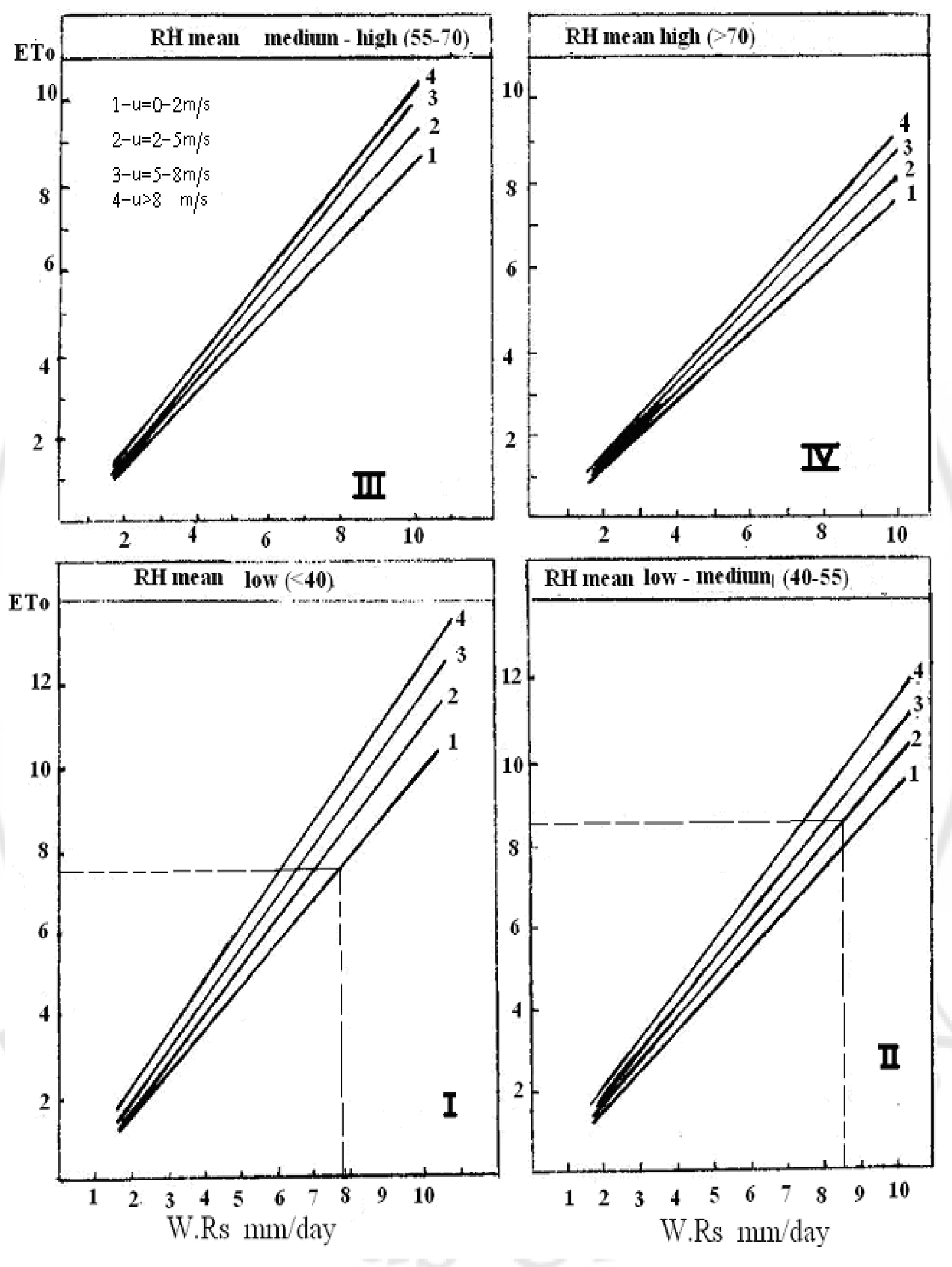
درجةالحرارة	2	6	10	14	18	22	26	30	34	36	38	40
الارتفاع												
0	0.43	0.49	0.55	0.61	0.66	0.71	0.75	0.78	0.82	0.83	0.84	0.85
500	0.44	051	0.57	0.62	0.67	0.72	0.76	0.79	0.82	0.84	0.85	0.86
1000	0.46	052	0.58	0.64	0.69	0.73	0.77	0.80	0.83	0.85	0.86	087
2000	049	055	0.61	0.66	0.71	0.75	0.79	0.82	0.85	0.86	087	0.88
3000	0.52	0.58	0.64	0.69	0.73	0.77	0.81	0.84	0.86	087	0.88	0.89
4000	0.54	0.61	0.66	0.71	0.75	0.79	0.82	0.85	087	0.89	0.90	0.90

جدول (3–5) قيم العامل (1-w) تبعاً لدرجة الحرارة والارتفاع

40	38	36	34	30	26	22	18	14	10	6	2	درجةالحرارة
												الارتفاع
0.15	0.16	0.17	0.19	0.22	0.25	0.29	0.34	0.39	0.45	0.51	0.57	**0**
0.14	0.15	0.16	0.18	0.21	0.24	0.28	0.33	0.38	0.43	0.49	0.56	**500**
013	0.14	0.15	0.17	0.20	0.23	0.27	ؤ	0.36	0.42	0.48	0.54	**1000**
0.12	013	0.14	0.15	0.18	0.21	0.25	0.29	0.34	0.39	0.45	0.51	**2000**
0.11	0.12	013	0.14	0.16	0.19	0.23	0.27	0.31	0.36	0.42	0.48	**3000**
0.10	0.11	0.12	013	0.15	0.18	0.21	0.25	0.29	0.34	0.39	0.46	**4000**

جدول (3–6) الإشعاع الشمسي (Ra) ، مقدراً بـ: mm/day حسب درجة العرض والشهر الموافق

درجة العرض	الإشعاع الشمسي (Ra) ، مقدراً بـ: mm/day (نصف الكرة الشمالي)											
	Jan	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**May**	**June**	**July**	**Aug**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Des**
50	3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2
48	4.3	6.6	9.8	13.0	159	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7
46	4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3
44	5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7
42	5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2
40	6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7
38	6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1
36	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6
34	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
32	8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8
30	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
28	9.6	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8
26	9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3
24	10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7
22	10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2
20	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.4	13.3	11.6	10.7
18	11.7	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.8	13.6	12.0	11.1
16	12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6
14	12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0
12	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5
10	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
8	13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
6	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7
4	14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.4	14.1
2	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
0	15.0	15.5	15.7	15.7	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8



شكل (3–8) تصحيح الاحتياج المائي – الطريقة الإشعاعية

جدول (3–7) المدّة اليومية لساعات شروق الشمس العظمى (N) لمختلف أشهر السنة

المدّة اليومية لساعات شروق الشمس العظمى(N) لمختلف أشهر السنة												
(نصف الكرة الجنوبي)												درجة العرض
July	**Aug**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Des**	**Jan**	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**May**	**June**	
(نصف الكرة الشمالي)												
Jan	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**May**	**June**	**July**	**Aug**	**Sept**	**Oct**	**Nov**	**Des**	
8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1	**50**
8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3	**48**
9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7	**46**
9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9	**44**
9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1	**42**
9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3	**40**
10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.5	9.8	**35**
10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2	**30**
10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.7	10.6	**25**
11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.0	10.9	**20**
11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.3	11.2	**15**
11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.9	11.6	11.5	**10**
11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.8	11.8	**5**
12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	**0**

3-3-3. طريقة بنمان:

هي من الطرق النظرية التحليلية، وتستعمل في المناطق التي تتوفر فيها معلومات عن درجة الحرارة، والرطوبة، والرياح، ومدّة الإشعاع الشمسي وهي تتألف من حدين : الحد الأول يتعلق بالإشعاع، والحد الثاني يتعلق بالرطوبة والرياح. والشكل العام للعلاقة:

$$ET_O = [W.R_n + (1-W).F(u).(e_a - e_d)].C........[5-3]$$

W : عامل تأثير الإشعاعات على (ET_O) ويتعلق بدرجة الحرارة والارتفاع عن سطح البحر؛ ويؤخذ من الجدول $(3-4)$ كما مرَّ سابقاً.

مثال:

لدينا الموقع الذي يتصف بالآتي:

درجة الحرارة العظمى: $T_{max} = 36^{\circ}C$

درجة الحرارة الصغرى: $T_{min} = 22^{\circ}C$

والارتفاع $(500m)$.

المناقشة والتطبيق:

لدينا $T_{mean} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$، ومِن ثَمَّ:

$$T_{mean} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} = \frac{36+22}{2} = 29^{\circ}C$$

من الجدول $(3-4)$: $T_{mean} = 29^{\circ}C \Rightarrow W = 0.785$

$(1-W)$: عامل يأخذ تأثير الحرارة والرطوبة في (ET_O)، ويتعلق بدرجة الحرارة والارتفاع عن سطح البحر؛ ويؤخذ من الجدول $(3-5)$، ونستعمل هنا درجة الحرارة الوسطية : $T_{mean} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$.

مثال:

لدينا الموقع الذي يتصف بالآتي:

درجة الحرارة العظمى: $T_{max} = 36^{\circ}C$

درجة الحرارة الصغرى: $T_{min} = 22^{\circ}C$

والارتفاع $(500m)$.

المناقشة والتطبيق:

لدينا $T_{mean}=\frac{T_{\max}+T_{\min}}{2}$، ومِن ثَمَّ:

$$T_{mean}=\frac{T_{\max}+T_{\min}}{2}=\frac{36+22}{2}=29^{\circ}C$$

من الجدول $(3-5)$: $T_{mean}=29^{\circ}C \Rightarrow 1-W=0.215$

F(u): عامل يؤخذ حسب سرعة الرياح جدول $(3-10)$،

لإدخال تأثير الرياح على (ET_O) نستعمل العلاقة الآتية:

$$F(u)=0.27(1+\frac{u}{100})$$

حيث: (u) سرعة الرياح خلال (24) ساعة مقدرة بـ (km/day) وعلى ارتفاع $(2m)$.

وإذا لم تؤخذ سرعة الرياح على ارتفاع $(2m)$ فيمكن إجراء التصحيح، وذلك بضرب سرعة الرياح على الارتفاع المحدد بمعامل التصحيح الموافق وذلك من الجدول $(3-10)$.

مثال :

لدينا سرعة الرياح على ارتفاع $(4m)$ يساوي $(u_{4m}=270...km/day)$؛ أوجد سرعة الرياح على ارتفاع $(2m)$، ثم أوجد $F(u)$:

المناقشة والتطبيق:

من الجدول $(3-10)$ نجد أنَّ معامل التصحيح الموافق للارتفاع $(4m)$ هو (0.88)، ومِن ثَمَّ تكون سرعة الرياح على ارتفاع $(2m)$:

$$u_{2m}=u_{4m}\times 0.88=270\times 0.88=237.6...km/day)$$

من الجدول $(3-10)$ ؛ أو من تطبيق العلاقة $[F(u)=0.27(1+\frac{u}{100})]$ نجد أنَّ:

$F(u) = 0.91$

(e_a): ضغط بخار الإشباع للهواء في درجة الحرارة الوسطية جدول $(3-8)$، وتقدر بـ (mbar)،

(e_d): ضغط البخار الحقيقي مقدراً بـ (مم زئبقي)، ويتم تحويلها إلى ميلي بار (mbar) بالضرب بـ (1.33)، ويمكن حسابه بعد معرفة الرطوبة النسبية، (جداء الرطوبة النسبية الوسطية بضغط بخار الإشباع). ويؤخذ أيضاً من الجدول $(3-9)$، حسب درجة الحرارة الجافة والارتفاع وانخفاض درجة الحرارة الرطبة عن الجافة.

مثال؛ لدينا الحالة الأولى الآتية:

درجة الحرارة العظمى: $T_{\max} = 36^\circ C$

درجة الحرارة الصغرى: $T_{\min} = 22^\circ C$

الرطوبة النسبية العظمى: $RH_{\max} = 85\%$

الرطوبة النسبية الصغرى: $RH_{\min} = 30\%$

المناقشة والتطبيق:

درجة الحرارة الوسطية: $T_{mean} = 29^\circ C$

الرطوبة النسبية الوسطية: $RH_{mean} = 57.5\%$

من الجدول $(3-8)$ نجد: $T_{mean} = 29 \circ C \Rightarrow e_a = 40.1 ... m.bar$

وحيث: $e_d = e_a \times RH_{mean} = 40.1 \times 57.5/100 = 23.06 ... m.bar$

ومِن ثَمَّ نجد: $(e_a - e_d) = (40.1 - 23.06) = 17.04 ... m.bar$

مثال؛ لدينا الحالة الثانية الآتية:

درجة الحرارة العظمى: $T_{\max} = 36^{\circ} C$

درجة الحرارة الصغرى: $T_{\min} = 22^{\circ} C$

درجة الحرارة الجافة: $T_{dry} = 24^{\circ} C$

درجة الحرارة الرطبة: $T_{wet} = 20^{\circ} C$

المناقشة والتطبيق:

من الجدول $(3-8)$ نجد: $T_{mean} = 29 \circ C \Rightarrow e_a = 40.1...m.bar$

انخفاض درجة الحرارة الرطبة عن الجافة: $T_{dry} - T_{wet} = 24 - 20 = 4^{\circ} C$

من الجدول ($(3-9)$–أ) : تقاطع سطر درجة الحرارة الجافة (24) مع عمود انخفاض درجة الحرارة الرطبة $(4^{\circ} C)$ نجد : $e_d = 20.7...m.bar$

$$(e_a - e_d) = (40.1 - 20.7) = 19.4...m.bar$$

مثال؛ لدينا الحالة الثالثة الآتية:

درجة الحرارة العظمى: $T_{\max} = 36^{\circ} C$

درجة الحرارة الصغرى: $T_{\min} = 22^{\circ} C$

درجة حرارة نقطة الندى: $T_{dewpoint} = 18^{\circ} C$

المناقشة والتطبيق:

درجة الحرارة الوسطية: $T_{mean} = 29^{\circ} C$

من الجدول $(3-8)$ نجد: $T_{mean} = 29^{\circ} C \Rightarrow e_a = 40.1...m.bar$

من الجدول $(3-8)$ نجد: $T_{dewpoint} = 18^{\circ} C \Rightarrow e_a = 20.6...m.bar$

ومِن ثَمَّ نجد:

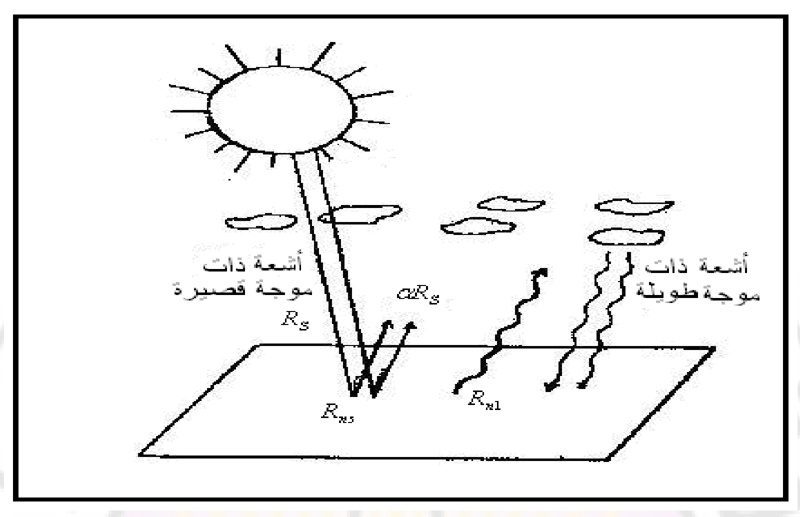
$$(e_a - e_d) = (40.1 - 20.6) = 19.5...m.bar$$

تقترب الرطوبة النسبية في بعض المناطق من (100%)، وتكون درجة الحرارة الدنيا مساوية تقريباً لدرجة حرارة نقطة الندى، وتساوي تقريباً درجة الحرارة الرطبة، وتحدد قيمة (e_d) عندها من قيمة (e_a) عند درجة الحرارة الدنيا.

R_n – الإشعاعات الصافية المكافئة للتبخر بـ (mm/day)، وهو الفرق بين الإشعاع الوارد والصادر؛ ويمكن حساب الإشعاع الصافي من الإشعاع الشمسي أو ساعات شروق الشمس ومعلومات عن درجات الحرارة والرطوبة كما يبين الشكل (3 – 8).

وتعتمد كمية الإشعاعات المستلمة من أعلى طبقات الغلاف الجوي (R_a) على خط عرض المنطقة والوقت من السنة والقيم مبينة في الجدول (3 – 6).

ولدى مرور الإشعاعات الشمسية من الغلاف الجوي يتبعثر قسم منها، وتصل إلى سطح الأرض كأشعة شمسية (R_S)؛ وهي تعتمد على الإشعاعات (R_a) وانتقاله خلال الغلاف الجوي الذي يتأثر تأثراً بالغاً بالغيوم؛ كما يرتد قسم كبير من (R_S) مباشرة عن التربة والمحاصيل ويضيع في الغلاف الجوي ويعتمد القسم المنعكس (α) على طبيعة غطاء سطح التربة وتساوي (5%) للماء ونحو (15 – 25%) لأغلب المحاصيل، ويتغير تبعاً للغطاء النباتي ورطوبة سطح التربة المعرضة للإشعاع، وتلك الأشعة التي تبقى تدعى بالأشعة الشمسية الصافية (R_{nS}).



شكل (3–8) الإشعاعات الواردة والمنعكسة

كما تحدث خسارة إضافية للإشعاعات على سطح الأرض عندما تشع طاقتها الممتصة إلى الغلاف الجوي كإشعاعات طويلة الموجة، وهي عادة أكثر من الإشعاعات الجوية القادمة الطويلة الموجة؛ ويُدعى الفرق بين الإشعاعات طويلة الموجة الواردة والصادرة بالإشعاعات الطويلة الموجة الصافية (R_{nl}). وبما أنَّ الإشعاعات الطويلة المنعكسة أكبر من الواردة فإنَّ (R_{nl}) تمثل الطاقة الصافية المفقودة، والإشعاعات الصافية الإجمالية (R_n) تساوي إلى الفرق بين (R_{nS}) و (R_{nl}) ومِن ثَمَّ نكتب:

$$\boldsymbol{R_n = R_{nS} - R_{nl}}$$

R_{n1} – الإشعاع طويل الموجة المفقودة أو المنعكسة من سطح التربة، ويتم حسابه من العلاقة الآتية:

$$R_{nl} = f(T).f(e_d).f(n/N)$$

$f(n/N)$ – عامل يتعلق بـ (n/N) يؤخذ من الجدول $(3-11)$.

$f(e_d)$ – عامل يتعلق بـ (e_d) يؤخذ من الجدول $(3-11)$.

$f(T)$ – عامل يتعلق بـ (T) درجة الحرارة يؤخذ من الجدول $(3-11)$.

(R_{nS}) – الإشعاع الصافي قصير الموجة، يتعلق بالإشعاع الشمسي (R_S)، وبطبيعة الغطاء النباتي أي العامل(α):

$$R_{nS} = (1-\alpha).R_S$$

ويحسب الإشعاع الشمسي (R_S) من العلاقة: $R_S = [(0.25 + 0.5n/N)].R_a$

وبالتالي تصير العلاقة:

$$R_{nS} = (1-\alpha).[(0.25 + 0.5n/N)].R_a$$

α – $(\alpha = 0.05)$ إذا كان التبخر من سطح الماء، $(\alpha = 0.1 - 0.15)$ إذا كان التبخر من سطح تغطيه نباتات قصيرة ؛ $(\alpha = 0.25)$ إذا كان التبخر من سطح تغطيه نباتات كبيرة.

مثال:

المعطيات: مدينة القنيطرة – خط العرض (33°) شمالاً ، الشهر السابع (تموز) فيه عدد ساعات الإشعاع الشمسي $(n = 12...h/day)$، الرطوبة النسبية الوسطية $RH_{mean} = 57.5\%$ ، ودرجة الحرارة الوسطية $T_{mean} = 29^\circ C$

المناقشة والتطبيق:

من الجدول $(3-6)$ حسب درجة العرض (33°) لنصف الكرة الشمالي نجد:

$(R_a = 17.05....mm/day)$

من الجدول $(3-7)$ نجد: $(N = 14.3....h/day)$ وبتطبيق العلاقة$[3-4]$:

$$N = 14.3..hour,, n = 12 \Rightarrow \frac{n}{N} = \frac{12}{14.3} = 0.84$$

$$R_S = \left[(0.25 + 0.5\frac{n}{N}) \right].R_a$$

$$R_S = \left[\left(0.25 + 0.5\frac{12}{14.3}\right)\right].17.05 = 11.42....mm/day$$

$$R_S = 11.42....mm/day$$

$$R_{nS} = (1-\alpha).R_S$$

$$R_{nS} = (1-025)\times 11.42 = 8.565....mm/day$$

من الجدول $(3-8)$ نجد: $T_{mean} = 29 \circ C \Rightarrow e_a = 40.1...m.bar$

وحيث:

$$e_d = e_a \times RH_{mean} = 40.1\times 57.5/100 = 23.06...m.bar$$

من الجدول $(3-11)$: $e_d = 23.06 \Rightarrow f(e_d) = 0.125$

من الجدول $(3-11)$: $T_{mean} = 29^{\circ}C \Rightarrow f(T) = 16.5$

من الجدول $(3-11)$: $\frac{n}{N} = 0.84 \Rightarrow f(\frac{n}{N}) = 0.86$

$$R_{nl} = f(T).f(e_d).f(n/N)$$

$$R_{nl} = f(T).f(e_d).f(n/N) = 16.5\times 0.125\times 0.86 = 1.77$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} = 8.565 - 1.77 = 6.795....m/day$$

$$R_n = 6.795....m/day$$

C – عامل التصحيح ، ويتعلق بسرعة الرياح النهارية، ونسبة سرعة الرياح النهارية إلى سرعة الرياح الليلية، والرطوبة النسبية والإشعاع الشمسي (R_s)، انظر الجدول $(3-12)$.

مثال:

المعطيات: مدينة القنيطرة – خط العرض (33°) شمالاً ، الشهر السابع (تموز)

درجة الحرارة العظمى: $T_{max} = 36^\circ C$ ؛ درجة الحرارة الصغرى: $T_{min} = 22^\circ C$

الرطوبة النسبية العظمى: $RH_{max} = 85\%$ ؛ الرطوبة النسبية الصغرى: $RH_{min} = 30\%$

سرعة الرياح النهارية: $u_{day} = 3...m/\sec$

سرعة الرياح الليلية: $u_{night} = 1.5...m/\sec$

المناقشة والتطبيق:

من الأمثلة السابقة نجد: $R_S = 11.42....mm/day$

وبالحساب نجد: $\frac{u_{day}}{u_{night}} = \frac{3}{1.5} = 2$ ؛ ولدينا $RH_{max} = 85\%$ ، وكذلك سرعة الرياح النهارية: $u_{day} = 3...m/\sec$ ومن الجدول (12) نجد قيمة ($C = 1.13$)

مثال:

لدينا معطيات الأمثلة السابقة والمطلوب ايجاد قيمة (ET_O) حسب طريقة بنمان.

المناقشة والتطبيق: الشكل العام للمعادلة:

$$ET_O = [W.R_n + (1-W).F(u).(e_a - e_d)].C$$

وكان لدينا: درجة الحرارة الوسطية: $T_{mean} = 29^\circ C$ ؛

الرطوبة النسبية الوسطية: $RH_{mean} = 57.5\%$ ؛

ومن الجدول (3 – 8) نجد:

$$T_{mean} = 29 \circ C \Rightarrow e_a = 40.1...m.bar$$

وحيث:

$$e_d = e_a \times RH_{mean} = 40.1 \times 57.5/100 = 23.06...m.bar$$

ومِن ثَمَّ نجد:

$$(e_a - e_d) = (40.1 - 23.06) = 17.04...m.bar$$

$(e_a - e_d) = 17.04...m.bar$

ومما سبق وجدنا أيضاً:

$F(u) = 0.91$

$R_n = 6.795....m/day$

$(C = 1.13)$

وبتطبيق الشكل العام نجد:

$$ET_O = [W.R_n + (1-W).F(u).(e_a - e_d)].C$$

$$ET_O = [0.785 \times 6.795 + 0.215 \times 0.91 \times 17.04] \times 1.13 = 9.79...mm/day$$

$$ET_O = 9.79...mm/day$$

جدول (3–8) ضغط بخار الإشباع e_a, (m.bar) وعلاقتها مع درجة الحرارة الوسطية للهواء

e_a, (mbar)	درجة الحرارة، مئوية		e_a, (mbar)	درجة الحرارة، مئوية
23.4	**20**		6.1	**0**
24.9	**21**		6.6	**1**
26.4	**22**		7.1	**2**
28.1	**23**		7.6	**3**
29.8	**24**		8.1	**4**
31.7	**25**		8.7	**5**
33.6	**26**		9.3	**6**
35.7	**27**		10.0	**7**
37.8	**28**		10.7	**8**
40.1	**29**		11.5	**9**
42.4	**30**		12.3	**10**
44.9	**31**		13.1	**11**
47.5	**32**		14.0	**12**
50.3	**33**		15.0	**13**
53.2	**34**		16.1	**14**
56.2	**35**		17.0	**15**
59.4	**36**		18.2	**16**
62.8	**37**		19.4	**17**
66.3	**38**		20.6	**18**
69.9	**39**		22.0	**19**

جدول /3–9–أ/ ضغط البخار e_d (m.bar), وعلاقتها مع درجة الحرارة الجافة والرطبة

الدرجة الجافة	انخفاض درجة الحرارة الرطبة، الارتفاع (1000– 0)م											
	0	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**	**16**	**18**	**20**	**22**
40	73.8	64.9	56.8	49.2	42.2	35.8	29.8	24.3	19.2	14.4	10.1	6.0
38	66.3	58.1	50.5	43.6	37.1	31.1	25.6	20.5	15.3	11.4	7.3	
36	59.4	51.9	44.9	38.4	32.5	26.9	21.8	17.1	12.7	8.6	4.9	
34	53.2	46.2	39.8	33.8	28.3	23.2	18.4	14.0	10.0	6.2		
32	47.5	41.1	35.1	29.6	24.5	19.8	15.4	11.3	7.5	4.0		
30	42.5	36.5	30.	25.8	21.1	16.7	12.6	8.8	5.3			
28	37.8	32.3	27.2	22.4	18.0	14.0	1.02	6.7	3.4			
26	33.6	28.5	23.8	19.4	15.3	11.5	8.0	4.7	1.6			
24	29.8	25.1	20.7	16.6	12.08	9.3	6.0	2.9				
22	26.4	22.0	18.0	14.2	10.6	7.4	4.3	1.4				
20	23.4	19.3	15.5	12.0	8.7	5.6	2.7					
18	20.6	16.8	13.3	10.0	6.9	4.1	1.4					
16	18.2	14.6	11.4	8.3	5.4	2.7						
14	16.0	12.7	9.6	6.7	4.0	1.5						
12	14.0	10.9	8.1	5.3	2.8							
10	12.3	9.4	6.7	4.1	1.7							
8	10.7	8.0	5.5	3.1	0.8							
6	9.3	6.8	4.4	2.1								
4	8.1	5.7	3.4	1.6								
2	7.1	4.8	2.8	0.8								
0	6.1	4.0	2.0									

جدول /3–9–ب/ ضغط البخار e_d ,(m.bar) وعلاقتها مع درجة الحرارة الجافة والرطبة

	انخفاض درجة الحرارة الرطبة، الارتفاع (1000– 2000)م											
	0	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**	**16**	**18**	**20**	**22**
40	73.8	65.2	57.1	49.8	43.0	41.8	31.0	25.6	20.7	16.2	12.0	8.1
38	66.3	58.2	50.9	44.1	37.9	36.7	26.8	21.8	17.3	13.2	9.2	5.7
36	59.4	52.1	45.2	39.0	33.3	32.1	23.0	18.4	14.3	10.4	6.8	3.5
34	53.2	46.4	40.1	34.4	29.1	24.1	19.6	15.4	11.5	8.0	4.6	1.5
32	47.5	41.3	35.5	30.2	25.3	20.7	16.6	12.6	9.1	5.8	2.6	
30	42.5	36.7	31.3	26.4	21.9	17.7	13.8	10.2	6.9	3.8	0.9	
28	37.8	32.5	27.5	23.0	18.9	14.9	11.4	8.0	4.9	2.1		
26	33.6	28.7	24.1	20.0	16.1	12.5	9.2	6.0	3.2	0.5		
24	29.8	25.3	21.1	17.2	13.9	10.3	7.2	4.3	1.6			
22	26.4	22.3	18.3	14.3	11.5	8.3	5.5	2.7	0.2			
20	23.4	19.5	15.9	12.6	9.5	6.6	3.9	1.3				
18	20.6	17.1	13.7	10.6	7.8	5.0	2.5	0.1				
16	18.2	14.9	11.7	8.9	6.2	3.6	1.3					
14	16.0	12.9	10.0	7.3	4.8	2.4	0.3					
12	14.0	11.2	8.4	5.9	3.6	1.4						
10	12.3	9.6	7.0	4.7	2.6	0.4						
8	10.7	8.2	5.8	3.7	1.6							
6	9.3	7.0	4.8	2.7	0.7							
4	8.1	6.0	3.8	1.8								
2	7.1	5.0	2.9	1.0								
0	6.1	4.1	2.1									

جدول (3–10) تأثير الرياح **f(u)= 0.27(1+ U/100)** ، الرياح مقاسة على ارتفاع **2m**.

سرعة الرياح، km/day	**0**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**
0	-	0.32	0.32	0.35	0.38	041	0.43	0.46	0.49	0.51
100	0.54	0.57	0.59	062	0.65	067	0.70	0.73	0.76	0.78
200	081	084	0.86	089	0.92	0.94	0.97	1.00	1.03	1.05
300	1.08	1.11	1.13	1.16	1.19	1.21	1.24	1.27	1.3	1.32
400	1.35	1.38	1.4	1.43	1.46	1.49	1.51	1.54	1.57	1.59
500	1.62	1.65	1.67	1.70	1.73	1.76	1.78	1.81	1.84	1.90
600	1.89	1.92	1.94	1.97	2.00	2.02	2.08	2.08	2.11	2.15
700	2.16	2.0	2.21	2.24	2.27	2.29	2.32	2.35	2.38	2.40
800	2.43	2.46	2.48	2.51	2.54	2.56	2.59	2.61	2.64	2.65
900	2.7									
معامل تصحيح سرعة الرياح										
ارتفاع نقطة القياس، m		0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	
معامل التصحيح		1.35	1.15	1.06	1.00	0.93	0.88	0.85	0.83	

جدول (3–11) لتحديد المعاملات ، F(n/N) ، F(n/N) ، $F(e_d)$

n/N	تأثير n/N ق Rn1	تأثير درجة الحرارة في الإشعاعات طويلة الموجة		تأثير ضغط البخار في الإشعاعات طويلة الموجة	
	F(n/N)	T °C	F(t)	e_d	$F(e_d)$
0.0	0.10	0	11.0	6	0.23
0.5	0.15	2	11.4	8	0.22
01.	0.19	4	11.7	10	0.20
0.15	0.24	6	12.0	12	0.19
0.20	0.28	8	12.4	14	0.18
0.25	0.33	10	12.7	16	0.16
0.30	0.37	12	13.1	18	0.15
0.35	0.42	14	13.5	20	0.14
0.40	0.46	16	13.8	22	0.13
0.45	0.51	18	14.2	24	0.12
0.50	0.55	20	14.6	26	0.12
0.55	060	22	15.5	28	0.11
0.60	0.64	24	15.4	30	0.10
0.65	0.69	26	15.9	32	0.09
0.70	0.73	28	16.3	34	0.08
0.75	0.78	30	16.7	36	0.08
0.80	0.82	32	17.2	38	0.07
0.85	0.87	34	17.7	40	0.06
0.90	0.91	36	18.1		
0.95	0.96				
1.00	1.00				

جدول (3–12) عامل التصحيح (C) في معادلة بنمان

الرطوبة	RH <30%				RH (30-60)%				RH (60-90)%			
Rs, mm/d	**3**	**6**	**9**	**12**	**3**	**6**	**9**	**12**	**3**	**6**	**9**	**12**
Uday m/s	**(Uday/Unight) = 4**											
0	0.86	0.9	1.0	1.0	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.79	0.84	0.92	0.97	0.92	1.00	1.11	1.19	0.99	1.10	1.27	1.32
6	0.68	0.77	0.87	0.93	0.85	0.96	1.11	1.19	0.94	1.10	1.26	1.33
9	0.55	0.65	0.87	0.90	0.76	0.88	1.02	1.14	0.88	1.01	1.16	1.27
	(Uday/Unight) = 3											
0	0.86	0.9	1.0	1.0	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.76	0.81	0.88	0.94	0.87	0.96	1.06	1.12	0.94	1.04	1.18	1.28
6	0.61	0.68	0.81	0.88	0.77	0.88	1.02	1.10	0.86	1.01	1.15	1.22
9	0.46	0.56	0.72	0.82	0.67	0.79	0.88	1.05	0.78	0.92	1.06	1.18
	(Uday/Unight) = 2											
0	0.86	0.9	1.0	1.0	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.69	0.76	0.89	0.92	0.83	0.91	0.99	1.05	0.89	0.98	1.10	1.14
6	0.53	0.61	0.74	0.84	0.70	0.81	0.94	1.02	0.79	0.92	1.05	1.12
9	0.37	0.48	0.65	0.76	0.59	0.71	0.84	0.95	0.71	0.81	0.96	1.06
	(Uday/Unight) = 1											
0	0.86	0.9	1.0	1.0	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.64	0.71	0.82	0.89	0.78	0.86	0.94	0.99	0.85	0.92	1.01	1.05
6	0.43	0.53	0.69	0.79	0.62	0.70	0.84	0.93	0.72	0.82	0.95	1.00
9	0.27	0.41	0.59	0.70	0.50	0.60	0.75	0.87	0.62	0.72	0.87	0.96

3–3–4. اختيار معامل المحصول: نستعمل معامل المحصول لإدخال تأثير خصائص المحصول في الاحتياجات المائية، وهذا العامل يربط النتح – تبخر المرجعي (ET_o) مع النتح تبخر للمحصول (ET_{crop}).

$$ET_{crop} = K_c . ET_o$$

إنَّ الطرق السابقة تتطلب مجموعة واحدة لمعامل المحصول (K_c) الذي يتعلق بخصائص المحصول كموعد الزراعة أو البذار، ويتعلق أيضاً بمراحل نمو المحصول وظروف المناخ. إنَّ

المجموعة الرئيسية للمحاصيل يختلف بعضُها عن بعضٍ بسبب اختلاف مقاومة النتح. كما أن انعكاس بعض الأشعة الشمسية، والغطاء السطحي لها تأثير في (ET_{crop}). ويمكن لقيمة (ET_o) أن تصل حتى $(12-14...mm/day)$ في ظروف التبخر الشديد كأوقات الحر والرياح الشديدة والرطوبة المنخفضة . أما قيمة (ET_{crop}) فتصل إلى $(15-17...mm/day)$ ولاسيّما في الحقول الصغيرة في المناطق الجافة التي تتأثر بشدة بظروف الرياح الجافة، بينما قد يحدث ذبول في المحاصيل في هذه الظروف، وقد أعطيت المجالات التقريبية لـ (K_c) الفعلية لمختلف المحاصيل في الجدول (**3–13**).

إنَّ تواتر السقاية يكون مهماً وخاصة المرحلة الآتية بعد البذار وخلال مرحلة النمو المبكرة، كما أنَّ البذار أو الزراعة يؤثر في طول موسم النمو ومعدل نمو المحصول وبداية النضج، وبالاعتماد على المناخ يمكن مثلاً زراعة الشوندر السكري في الخريف والربيع أو الصيف مع موسم نمو إجمالي يراوح $(160..230\,day)$ وفول الصويا ينمو في $(100..day)$ في المناطق الحارة والمنخفضة الارتفاع إلى $(190...day)$ على ارتفاع $(2500m)$ في أفريقيا الاستوائية. إنَّ نمو المحصول يكون على خطوات مختلفة. فلكي يصل الشوندر السكري مثلاً إلى النمو الكامل أو إلى المتطلب الأعظمي للمياه فإنه يحتاج إلى (60%) من إجمالي موسم النمو للمحصول المزروع في الخريف وإلى نحو (35%) للمزروع في أوائل الصيف، ولاختيار القيمة التقريبية (K_c) يجب أخذ معدل نمو المحصول لكل مدّة من موسم النمو بالاعتبار.

إنَّ الظروف المناخية العامة وخاصة الرياح والرطوبة يجب أخذها في الاعتبار وكذلك الغطاء العشبي الناعم ، فالرياح تؤثر في نسبة النتح للمحاصيل الطويلة بشكل كبير، وذلك بسبب الاضطرابات الهوائية على السطح الخشن للمحصول، ويبدو هذا واضحاً في الأقاليم الجافة عنه في الأقاليم الرطبة. ولذلك تكون قيم (K_c) للمحاصيل ذات السطوح الخشنة أكبر في الأقاليم الجافة.

جدول (**3–13**) القيم التقريبية لـ (ET_{crop})

المحصول	الاحتياج الموسمي، مم	المحصول	الاحتياج الموسمي، مم
البصل	600 -350	**الفصة**	1500 – 600
البرتقال	950 – 600	**أفوكاتو**	1000 – 650
بطاطا	625 – 350	**الموز**	1700 – 700
الأرز	950 - 500	**(فاصولياء–فول)**	500 – 250
القنب	800 - 550	**كاكاو**	1200 – 800
سرغوم	650 – 300	**القهوة**	1200 – 800
حبوب الصويا	825 -450	**القطن**	950 – 550
شوندر سكري	850 -450	**التمر**	1300 – 900
قصب سكر	1500 – 1000	**الأشجار النفضية**	1050 – 700
بطاطا حلوة	675 – 400	**أشجار الكتان**	900 – 450
التبغ	500 – 300	**حبوب(صغيرة)**	450 – 300
البندورة	600 – 300	**الليمون**	1000 – 650
خضار(كوسا)	500 – 250	**الذرة**	750 – 400
الكروم	900 – 450	**بذور الزيت**	600 - 300
الجوز	1000 -700		

إنَّ (ET_{crop}) هو خلاصة النتح بواسطة النبات والتبخر من سطح التربة، ويكون التبخر مهملاً إذا كانت الأرض مزروعة بشكل كامل ويمكن أخذ التبخر من سطح التربة بعين الاعتبار بعد الزرع مباشرة وفي مدّة النمو الأولى ولاسيّما حين يكون سطح التربة مبتلاً من السقاية أو الأمطار. وبما أنَّ التبخر من سطح التربة يشكل جزءاً من (ET_{crop}) خلال موسم النمو وللتبسيط نأخذ معامل المحصول التقريبي (K_c).

يقسم موسم نمو المحصول إلى أربع مراحل، وقد أُعدت معاملات المحصول (K_c) في الجدول (**3–14**) تبعاً لمراحل نمو المحصول وظروف المناخ المختلفة، ويجب جمع معلومات محلية عن موسم النمو ومعدل نمو المحصول للمحاصيل المروية من أجل اختيار قيمة (K_c)؛ وقد أعطيت معلومات في الجدول (**3–14**) للمحصول المختار والمناخ. إنَّ المراحل الأربع لنمو المحصول هي:

المرحلة الأولى: طور الإنبات والنمو المبكر حيث تغطي النباتات سطح الأرض بأقل من 10% من المساحة المزروعة.

المرحلة الثانية مرحلة نمو المحصول: وتمتد من نهاية المرحلة الأولى حتى بلوغ التغطية الكاملة للأرض (التغطية 70- 80%)؛ وهي لا تعني أن النبات وصل إلى قمة نضجه.

المرحلة الثالثة وهي مرحلة منتصف الموسم: من بلوغ التغطية الكاملة إلى بداية النضج ويستدل على ذلك بتغير لون الأوراق كما في الحبوب أو تساقطها كما في القطن وقد تمتد هذه المرحلة لبعض المحاصيل إلى وقت قريب جداً من وقت الحصاد.

المرحلة الرابعة وهي مرحلة نهاية الموسم: وتمتد من نهاية مرحلة منتصف الموسم حتى النضج الكامل.

إنَّ الخطوات اللازمة للوصول إلى قيم (K_c) للمراحل المختلفة نوردها فيما يأتي ويمكن أن توضح في الشكل (3-9). وللحصول على (K_c) نتبع ما يأتي:

1 يعين تاريخ الزرع أو البذار من المعلومات المحلية أو من مناطق ذات مناخ مشابه.

2 يُحدَّد موسم النمو الإجمالي وطول مراحل النمو من المصادر المحلية. في المرحلة الأولى يتم التنبؤ بتكرار السقاية أو المطر وذلك بفرض قيمة (ET_o) ويتم الحصول على (K_c) من الشكل (3-9) وتوضع قيمتها كما هو مبين في الشكل (3-10).

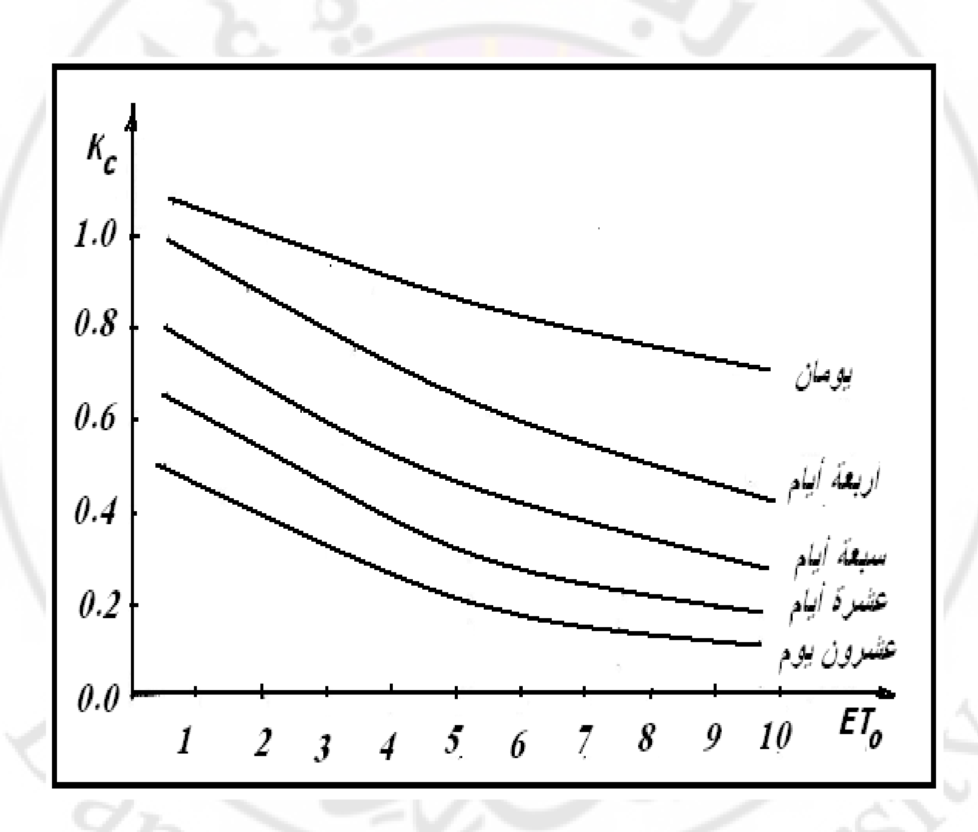
3 مرحلة منتصف الموسم: من معطيات المناخ (رطوبة – رياح) يتم اختيار قيمة (K_c) من الجدول (3-14) وتوضع كخط مستقيم.

4 مرحلة بنهاية الموسم في وقت النضج التام (أو الجني خلال عدة أيام) يتم اختيار قيمة (K_c) من الجدول (3-14) ويتم وضعه في نهاية موسم النمو أو النضج التام، ويفترض خط مستقيم بين قيمة (K_c) في نهاية مدّة منتصف الموسم ونهاية الموسم.

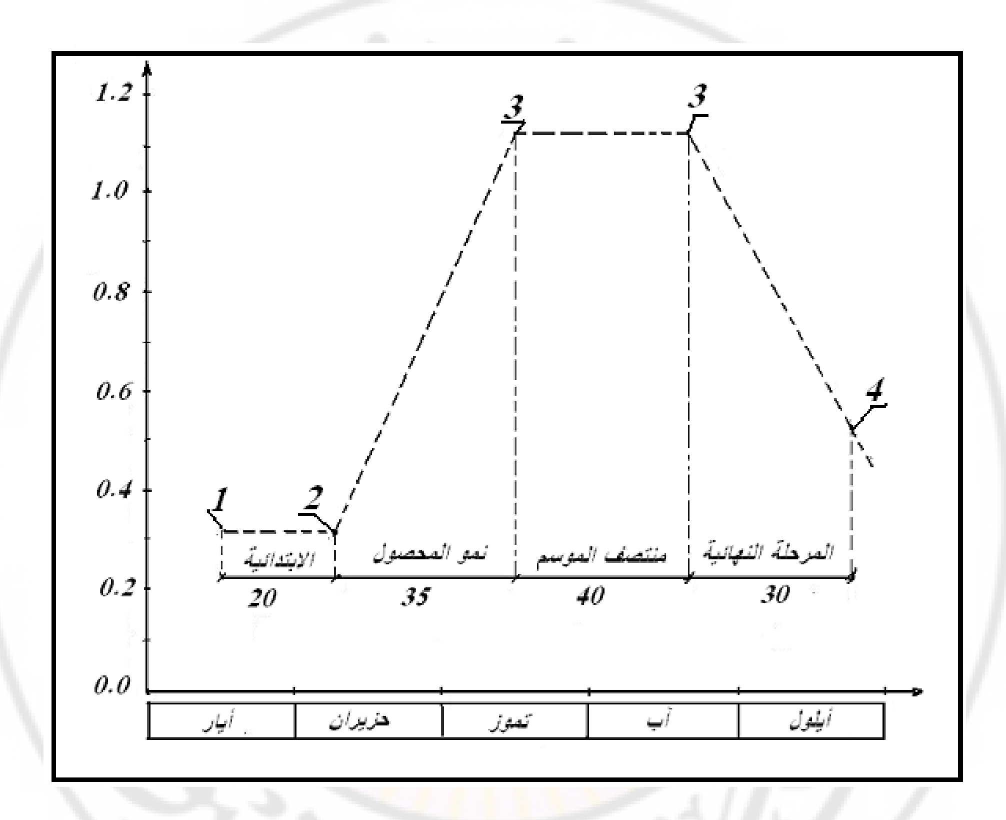
5 مرحلة النمو: يفترض خط مستقيم بين قيمة (K_c) عند نهاية المرحلة الأولى حتى بداية مرحلة منتصف الموسم.

يمكن الحصول على قيم (K_c) لمِدَد كل(عشر أو ثلاثين يوماً) من الرسم البياني في الشكل (3-10).

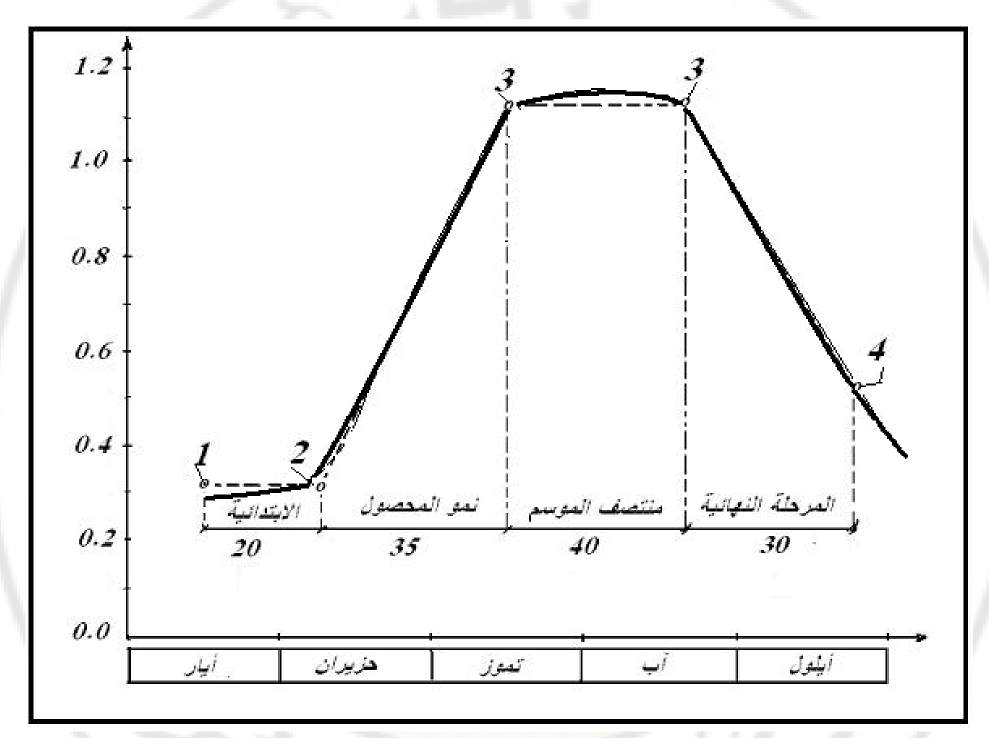
وقد رُسِمَ المنحني الانسيابي كما هو مبين في الشكل (3-11) مع أنَّ ذلك يؤثر في الدقة المطلوبة بشكل طفيف.



شكل (**3–9**) قيمة (K_c) الوسطية من أجل مرحلة النمو الأولى وعلاقتها مع (ET_o) وفاصل السقاية



شكل (3–10) توقيع وتحديد معاملات المحصول لمُدَد النمو المختلفة



شكل (3–11) منحني معامل المحصول

الجدول (3–14) معامل المحصول (K_c) لمراحل النمو المختلفة تبعاً للظروف المناخية (الرطوبة والرياح)

المحصول	مرحلة النمو	الرطوبة الدنيا<70%		الرطوبة الدنيا>70%		
		سرعة الرياح ، م/ثا				
		8 – 5	**5 – 0**	**8 – 5**	**5 – 0**	
كل المحاصيل	1	**من الشكل (3–9) حسب الاحتياج وفاصل السقاية**				
	2	**بالتقريب**				
الشعير	3	1.2	1.15	1.1	1.05	
	4	0.2	0.2	0.25	0.25	
بقوليات خضراء	3	1.05	1.0	0.95	0.95	
	4	0.9	0.9	0.85	0.85	
بقوليات جافة	3	1.2	1.15	1.1	1.05	
	4	0.25	0.25	0.3	0.3	
الجزر	3	1.15	1.1	1.05	1.0	
	4	0.85	0.8	0.75	0.7	
الذرة الصفراء	3	1.2	1.15	1.1	1.05	
	4	0.6	0.6	0.55	0.55	
القطن	3	1.25	1.2	1.15	1.05	
	4	0.7	0.65	0.65	0.65	
الملفوف	3	1.25	1.2	1.15	0.95	
	4	0.95	0.9	0.85	0.8	
الباذنجان	3	1.1	1.05	1.0	0.95	
	4	0.9	0.85	0.85	0.8	
الحبوب	3	1.15	1.1	1.05	1.0	
	4	0.2	0.2	0.25	0.25	
العدس	3	1.15	1.1	1.05	1.0	
	4	0.2	0.2	0.25	0.25	
الخس	3	1.05	1.0	0.95	0.95	
	4	1.0	0.9	0.9	0.9	
البطيخ	3	1.05	1.0	0.95	0.95	
	4	0.75	0.75	0.65	0.65	
الشوفان	3	1.2	1.15	1.1	1.05	
	4	0.2	0.2	0.25	0.25	

تابع الجدول (**3 . 14**):

المحصول	مرحلة النمو	الرطوبة الدنيا<70% سرعة الرياح ، م/ثا		الرطوبة الدنيا>70%		
		8 – 5	**5 – 0**	**8 – 5**	**5 – 0**	
الدخن	3	1.15	1.1	1.05	1.0	
	4	0.2	0.2	0.25	0.25	
البصل اليابس	3	1.1	1.05	0.95	0.95	
	4	0.85	0.8	0.75	0.75	
البصل الأخضر	3	1.05	1.0	0.95	0.95	
	4	1.05	1.0	0.95	0.95	
الفول السوداني	3	1.1	1.05	1.0	0.95	
	4	0.6	0.6	0.55	0.55	
البازلاء	3	1.2	1.15	1.1	1.05	
	4	1.1	1.05	1.0	0.95	
الفلفل	3	1.1	1.05	1.0	0.95	
	4	0.9	0.85	0.85	0.8	
الفجل	3	0.9	0.85	0.8	0.8	
	4	0.85	0.8	0.75	0.75	
البطاطا	3	1.2	1.15	1.1	1.05	
	4	0.75	0.75	0.7	0.7	
العصفر	3	1.2	1.15	1.1	1.05	
	4	0.2	0.2	0.25	0.25	
فول الصويا	3	1.15	1.1	1.05	1.0	
	4	0.45	0.45	0.45	0.45	
السبانخ	3	1.05	1.0	0.95	0.95	
	4	1.0	0.95	0.9	0.9	
القرع	3	1.0	0.95	0.9	0.9	
	4	0.8	0.75	0.7	0.7	
الشوندر السكري	3	1.2	1.15	1.1	1.05	
	4	1.0	1.0	0.95	0.9	
عباد الشمس	3	1.2	1.15	1.1	1.05	
	4	0.35	0.35	0.4	0.4	
بندورة	3	1.25	1.15	1.1	1.05	
	4	0.65	0.65	0.6	0.6	
القمح	3	1.2	1.15	1.1	1.05	
	4	0.2	0.2	0.25	0.25	


Damascus University

الفصل الرابع

طرق الري

إنَّ طريقة إضافة المياه إلى التربة لتغطية حاجة النباتات من أكثر موضوعات الري أهمية، خصوصاً بعد أن تعددت طرق الري تبعاً لنوع التربة والظروف الطبوغرافية، وتمايزت في كفاءاتها واقتصاديتها.

نقصد بطرق الري الأشكال المختلفة لتقديم المياه إلى النبات، وهنا لا بد من التركيز على نقطتين أساسيتين هما:

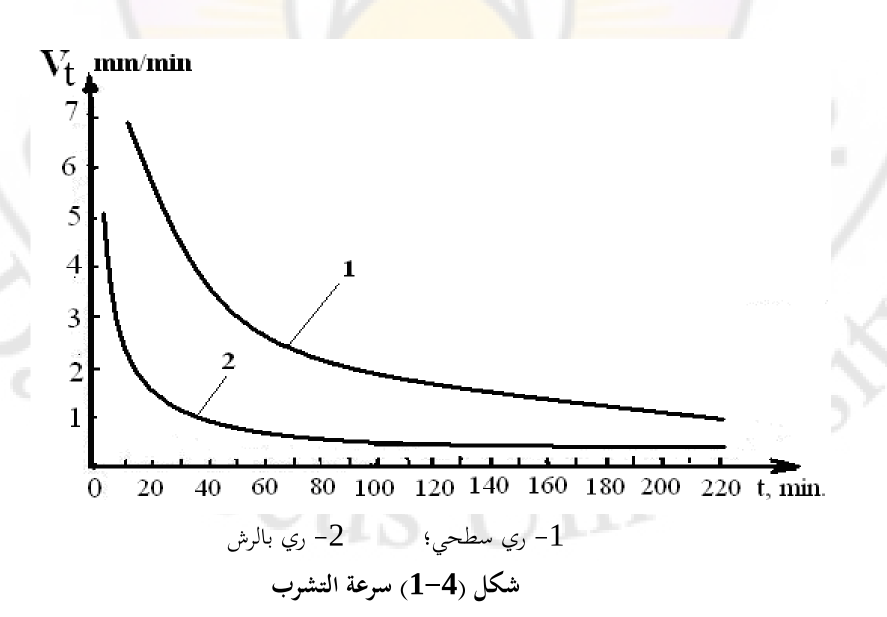
- توزيع الماء بشكل متجانس على تربة الحقل.

- الناحية الاقتصادية: ونعني بذلك المردود، مع الأخذ بالاعتبار كلفة العمل والأجهزة المستعملة، لأن الاستعمال الاقتصادي للمياه يتطلب إضافتها إلى التربة في الوقت والكمية بما يتناسب مع متطلبات المزروعات، والحرص على منع تراكم الأملاح مع عدم زيادة الماء في التربة عن الحد المسموح. إن كمية الماء التي يجب إضافتها إلى التربة تتعلق بنوع المحصول وخصائص التربة وأيضاً بطبيعة المناخ السائد، كما أن هناك طرقاً عديدة لتوزيع مياه الري نذكر منها: طرق الري السطحي، والري بالرش، والري بالتنقيط، والري تحت سطح التربة.

4-1. تشرب المياه في التربة :

إنَّ حركة المياه في التربة تمر في مرحلتين: مرحلة تشرب المياه، ومرحلة تسرب المياه ضمن التربة. ففي مرحلة التشرب وهي التي تهمنا تدخل المياه إلى فراغات التربة الحرة تحت تأثير الثقالة والخاصة الشعرية. تمثل عملية تشرب المياه في التربة عملية فيزيائية معقدة تتميز بحركة الماء غير المستقرة في التربة وتأثير قوى الثقالة والخاصة الشعرية. وتشرب التربة

عملية أساسية تؤثر في ترطيب التربة وحركة الماء على سطحها، ولاسيّما في طرق الري السطحي، وهي كحركة أولية للرشح تتبع حالة سطح التربة وتركيبها الحبي وكمية المواد العضوية والرطوبة الأولية فيها. تنخفض سرعة التشرب في الأتربة الثقيلة، كالغضارية، وتزداد في الأتربة الخفيفة كالرملية. كما يمكن أن تزداد هذه السرعة بعد الحراثة العميقة للتربة، وتزداد أيضاً بزيادة السماكة المائية فوق سطح التربة. ويُعدُّ التشرب من خطوط الري أعقد من الشرائح وأحواض الغمر؛ وذلك لأنَّ طبقات التربة ذات نفاذية متباينة، إذ أنَّ سرعات التشرب من السطوح الجانبية للخطوط تزيد على سرعة التشرب من القاع، وتصل هذه الزيادة في الأتربة الرملية والرملية الغضارية إلى (1.6 – 1.2) مرة، أما في التربة الغضارية الرملية فتصل إلى (2.5 – 1.75) مرة. وقد يُفسَّر هذا بتأثير القوى الشعرية وإمكانية الخروج الحر للهواء من تربة السفوح الجانبية للخط. وحتى الآن فإنَّ تشرب التربة تحت ظروف مختلفة لم يدرس كفاية.



1- ري سطحي؛ 2- ري بالرش

شكل (4-1) سرعة التشرب

وللحصول على العوامل اللازمة لتحديد عناصر تقنية الري في ظروف أقرب ما يمكن للواقع يجب إجراء التجارب عندما تكون رطوبة التربة (65%) تقريباً من السعة الحقلية الحدية. وسرعة تشرب المياه في التربة غير ثابتة وتتناقص مع الزمن على نحوٍ تصير ثابتة بعد تشبع التربة بالمياه، وتبين التجارب أنَّ سرعات التشرب تختلف حسب طريقة الري، كما هو واضح في الشكل (4-1). وكما هو واضح أنَّ سرعة التشرب تتناقص مع الزمن في كل طرق الري.

ومن العلاقات التي تُعبِّر عن علاقة سرعة التشرب بالزمن في الترب غير المشبعة علاقة كوستياكوف التي تأخذ الشكل:

$$V_t = \frac{V_1}{t^{\alpha}}$$

إذ:

V_t – سرعة التشرب في اللحظة (t).

V_1 – سرعة التشرب في نهاية واحدة الزمن الأولى.

α – عامل يتعلق بنوع التربة ورطوبتها الأولية ويراوح من (0.3) إلى (0.8).

t – مدة التشرب.

أما سرعة التشرب الوسطية خلال أي مدَّة زمنية:

$$\overline{V} = \frac{1}{t} \cdot \int_0^t \frac{V_1}{t^{\alpha}} \cdot dt = \frac{V_1}{1-\alpha} \cdot \frac{1}{t^{\alpha}}$$

وتكون السماكة المتشربة (h) خلال المدة الزمنية (t):

$$h = \overline{V} \cdot t = \frac{V_1}{1-\alpha} \cdot \frac{1}{t^{\alpha}} \cdot t$$

$$h = \frac{V_1}{1-\alpha} \cdot t^{1-\alpha}$$

2-4. الري السطحي:

وفي هذه الطريقة يتم ترطيب التربة بطريقة ارتشاح الماء المُقدم من سطح التربة إلى داخلها، وبحسب طريقة توزيع المياه على السطح ودخولها في التربة، فإنه يمكن تصنيف طرق الري السطحي إلى مجموعتين:

- طرق يتوزع ماء الري بواسطتها على سطح الحقل بطبقة متصلة. ويرشح إلى التربة بشكل رئيسي بطريقة الجاذبية (الري بالغمر و الري بالمساكب أو الشرائح)، بواسطة هذه الطريقة من الري يتخرب هيكل التربة بسهولة.

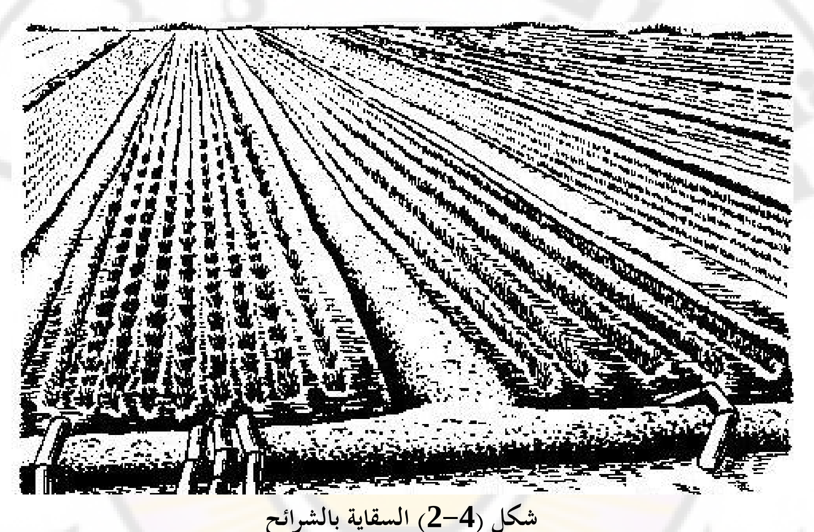
- طريقة توزيع ماء الري على الحقل بواسطة أخاديد (خطوط) مفتوحة أو مغلقة، ويرشح الماء في التربة بشكل رئيسي باتجاه الجوانب بخاصة الارتشاح، هذه الطريقة تحافظ على تركيب التربة بشكل أفضل، ويقل التبخر المائي من سطح الحقل.

1-2-4. الري بالشرائح:

يتم في هذه الطريقة تقسيم الحقل لشرائح تحدها من الجانبين أكتاف ترابية يراوح عرض كل شريحة $(3-5m)$ وطولها $(60-300m)$ حسب أبعاد الأرض، انظر الشكل (2-4).

تُعطى الشرائح انحداراً بميل طولي $(0.6\%-0.05\%)$، وذلك حسب طبيعة الأرض. يُراعى ألَّا يكون الميل صغيراً، فيسبب ركود الماء، في حين يؤدي الميل الزائد إلى انجراف التربة وانسياب كمية كبيرة من الماء إلى نهاية الشريحة قبل أن يتسرب الماء في القسم الأمامي من التربة إلى منطقة الجذور، كما يُلاحظ أنَّ قابلية رشح المياه تتعلق بنوع التربة؛ إذ نجد أنَّ معدل رشح الماء في التربة الخفيفة كالترب الرملية كبير. وهذا يؤدي إلى سرعة رشح الماء في القسم الأمامي من تربة الشريحة بينما يقل في نهايتها أما في الأراضي ضعيفة النفوذية كالأتربة الثقيلة، فتكون سرعة رشح الماء فيها بطيئة و يقل في نهايتها، لذا

نجد أن نتائج التجارب أعطت تبايناً في الأبعاد والميول الملائمة تبعاً لطبيعة الأرض وسرعة رشح الماء، ويبين الجدول (4-1) علاقة طول الشريحة بهذه الخصائص. كما يجب تسوية كل قطعة أو شريحة بشكل جيد قبل الزراعة كي يُسمَح للمياه بالدخول إلى الشريحة من أحد جوانبها، وحتى تبقى التربة مدَّة زمنية كافية من أجل أن تأخذ التربة حاجتها اللازمة من الماء.



شكل (4–2) السقاية بالشرائح

جدول (4–1) تغير طول الشريحة والتدفق من بدايتها تبعاً لخصائص التربة

نوع الترب	سرعة الرشح، سم/سا	الطول التقريبي، م	الميل ، %	التدفق المطلوب، ل/ثا/م
تربة رملية	2.5	120-60	0.4-0.2 0.65-0.4	15-10 10-7
رملية لومية	2.5-1.8	120-60	0.4-0.2 0.6-0.4	10-7 8-5
لومية رملية	1.8-1.2	180-100	0.4-0.2 0.6-0.4	7-5 6-4
لومية طينية	0.8-0.6	300-150	0.3-0.15 0.4-0.3	4-3 3-2
طينية	0.6-0.2	300-150	1-0.2	02-0.1

وتستخدم هذه الطريقة في الأراضي الثقيلة حتى لا ترشح المياه إلى داخل التربة إلا بعد بقائها على الأرض مدَّة من الزمن، وتستخدم أيضاً في الأراضي الخفيفة جداً المهددة بالانجراف إذا جرت عليها المياه بسرعة كبيرة.

ولاعتماد نظام الري بالشرائح على ميل التربة الذي يساعد على حركة الماء فيها، فإن حداً حرجاً من الميل يجب تحقيقه من أجل ضمان نجاح طريقة الري بالشرائح وتسهيل حركة الماء، لذا يجب تأمين ميل لا يقل عن (0.002) من أجل نجاح ري شرائح بالفصة أو بالأشجار المثمرة أو بالكروم، لأن هذه النباتات ذات متطلبات عالية من المياه في الريَّة الواحدة، كذلك يجب ألَّا يقل الميل عن (0.003) بالنسبة إلى شرائح النباتات ذات الجذور السطحية باعتبارها تحتاج إلى ريَّات متقاربة، وقليلة العمق ومن أهم محاسن هذه الطريقة:

- يتم استخدام المياه في عملية الري بشكل جيد.
- النفقات الأولية ضعيفة، وهذا ناتج عن قلة أجور الصيانة.
- توزيع المياه بشكل منتظم، لا تحتاج إلى أَيْدٍ عاملة كثيرة.

أما أهم مساوئ هذه الطريقة:

- تحتاج إلى دراسة إنشائية دقيقة من أجل بناء الحواجز الترابية.
- تحتاج قناة الري إلى تدفق عالٍ؛ إذ تحتاج الشريحة الواحدة $(2-15..l/\sec)$.
- لا تستخدم في الأتربة القليلة العمق؛ إذ يخشى من الانجراف.
- ضرورة تسوية الحقل إلى أكبر قدر ممكن من الدقة، وذلك عن طريق استخدام المعدات الميكانيكية الحديثة، لتوزيع المياه على الشريحة بانتظام، ولكي تكون كفاءة توزيع الماء عالية، لذا فقد يتطلب الأمر تسوية أولية لضمان الدقة بعد انخفاض أجزاء من سطح الشريحة بفعل الماء، ومن المفضل إعادة التسوية قبل كل موسم زراعي، وفي حال وجود شك في دقة القياس يكون من الأفضل التحول إلى طريقة أخرى.

4-2-2. الري بالخطوط (الأخاديد):

تختلف طريقة الري بالخطوط عن طرق الري الأخرى (الغمر، الشرائح)؛ إذ إنَّ الماء لا يغطي سطح التربة بكامله، ولكن يتم توزيع الماء على مجموعة من الأخاديد دون أن تتداخل الخطوط بعضها مع بعض، ويتم ترطيب التربة عن طريق رشح الماء إلى داخل التربة. هذه الطريقة أكثر توفيراً في المياه مقارنةً بالطرق السابقة، شكل (4-3).



شكل (4–3) الري بالخطوط

تستعمل طريقة الري بالخطوط لري المحاصيل التي تزرع بخطوط عريضة كالقطن، والذرة، والشوندر السكري، والبطاطا، والخضروات، والأشجار المثمرة. وتعتبر هذه الطريقة من الري مناسبة جداً لجميع أنواع الترب وظروف المناخ والأوضاع الطبوغرافية مع متطلبات ضعيفة من اليد العاملة. كما يتم تخطيط وإنشاء خطوط الري في بعض الأحيان بالدقة نفسها التي تتم فيها الزراعة، أما بالنسبة إلى تحديد المقطع العرضي وحجم الماء اللازم إعطاؤه لخطوط الري فيتم عن طريق تحديد الخواص الميكانيكية للتربة، ولاسيّما في طبقة الحراثة العميقة، ويجب تحديد عمق خطوط الري عميقة كانت أو سطحية أو متوسطة، كما هو واضح في الجدول (4-2).

جدول (**4–2**) مواصفة الخطوط تبعاً لخواص التربة

خطوط الري	المقطع العرضي		المسافة بين الخطوط ، سم	
	العمق ، سم	عرض الطبقة ، سم	تربة خفيفة	تربة ثقيلة
ضعيفة	15-10	35-30	50-40	70-60
متوسطة	25-15	45-40	70-60	90-80
عميقة	30-20	60-50	90-80	120-90

جدول (**4–3**) طول وتصريف الخط حسب مواصفات التربة والميل

نفاذية التربة	الميل	تربة مخلخلة ورطوبة منخفضة		رطوبة متماسكة ورطوبة عالية	
		طول الخط، م	تصريف الخط	طول الخط، م	تصريف الخط
عالية	0.001 >	60–100	0.1	120–200	0.25–0.1
	0.007–0.001	100–150	0.8–0.9	200–300	0.8–0.1
	0.01–0.008	60–100	0.1–05	120–200	05.–0.1
منخفضة	0.001 >	80–150	0.4	170–300	0.25–0.4
	0.007–0.001	160–200	0.5	320–400	0.3–0.4
	0.01–0.008	60–140	0.1	160–230	0.3–0.12
متوسطة	0.001 >	75–125	0.5	150–250	0.2–0.35
	0.007–0.001	150–175	0.5–0.6	300–350	0.5–0.9
	0.01–0.008	75–120	0.1–0.3	150–240	0.6–1.12
عالية	الميل صغير جداً	60	0.25	120	0.4
متوسطة	أقل من 0.0005	120	0.4	240	0.5
منخفضة	0.0005	150	0.1–0.15	300	0.2

يمكن الري بواسطة الخطوط ذات الميول المختلفة، فبالنسبة للخطوط الطويلة $(200-400m)$ يصل الميل إلى $(0.002-0.004)$، وفي الأراضي ذات الميل الضعيف (0.0005) يمكن أن يصل طول الخط إلى $(500m)$، وفي الأراضي ذات الميول الكبيرة حتى (0.02) يقل طول الخط ويصل لـ $(50m)$. ويبين الجدول (4-3) طول وتصريف الخط حسب نفاذية التربة والميل.

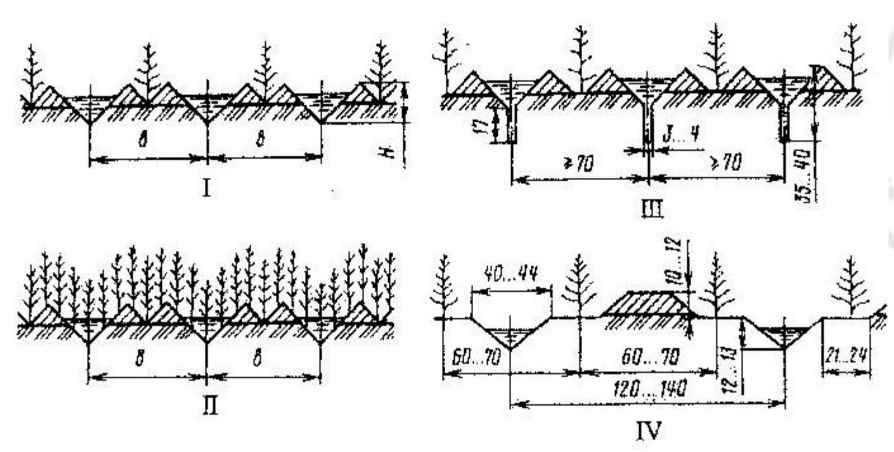
يمكن أن تخصص الخطوط قليلة العمق لري المحاصيل ذات الجذور الصغيرة (البصل، والجزر، والشوندر السكري)؛ أما الخطوط العميقة لري المحاصيل ذات الجذور العميقة والتباعد الكبير بين الخطوط ($1m$أو أكثر).

كما يمكن تقسيم الخطوط:

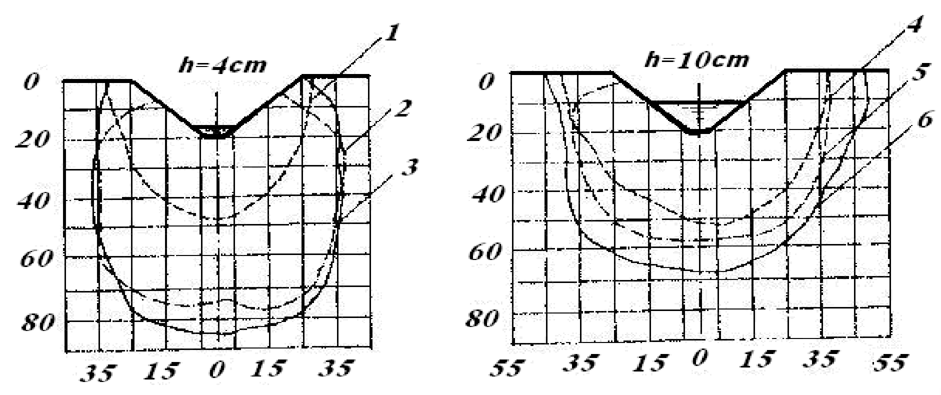
- حسب الجريان إلى قسمين خطوط مفتوحة (ذات جريان مستمر)، وخطوط مغلقة.

- حسب العمق؛ عميقة $(18-22cm)$، ومتوسطة العمق $(12-18cm)$، ومنخفضة العمق $(8-12cm)$.

يمكن أن تكون الخطوط ذات مقطع على شكل قطع مكافئ أو شبه منحرف، أو أن يكون لها كتف أو أن يكون لها شق في الوسط وذلك لتخطي المناطق المرتفعة من سطح التربة التي لا يتعدى ارتفاعها $(10cm)$، ويبلغ عمق الشق $(35-40cm)$ شكل (4-4). وكذلك يتغير محيط الترطيب حسب عمق المياه في الخط ومقنن السقاية ومدة تقديمه، شكل (4-5).



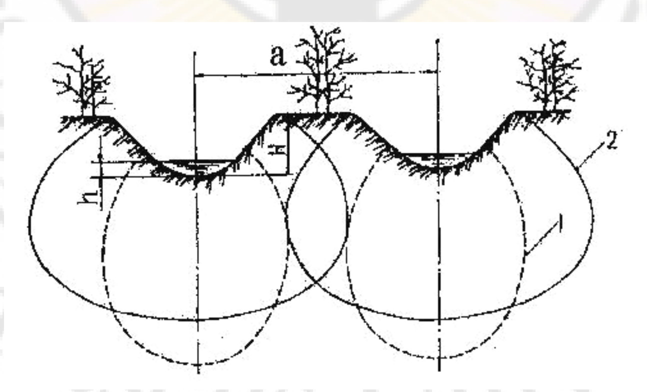
شكل (4-4) أشكال بعض الخطوط



1- المقنن $(400m^3/hec)$ والزمن $(t=130\min.)$؛ 2- المقنن $(600m^3/hec)$ والزمن $(t=210\min.)$؛ 3- المقنن $(900m^3/hec)$ والزمن $(t=310\min.)$؛ 4- المقنن $(400m^3/hec)$ والزمن $(t=40\min.)$؛ 5- المقنن $(600m^3/hec)$ والزمن $(t=70\min.)$؛ 6- المقنن $(900m^3/hec)$ والزمن $(t=100\min.)$

شكل (4-5) تغير أبعاد محيط الترطيب حسب عمق المياه و مقنن السقاية ومدة تقديمه

وتبلغ المسافة بين الخطوط في الترب الخفيفة $(50-60cm)$ وللترب المتوسطة $(70cm)$ وللترب الثقيلة $(80-110cm)$؛ وعلى نحوٍ يتحقق تداخل في محيط الترطيب كما في الشكل (4-6).



شكل (4-6) محيط الترطيب: 1- التربة الخفيفة؛ 2- التربة الثقيلة

الري بالخطوط المغلقة: يتم ذلك بملء الخط بالمياه؛ وتستعمل هذه الطريقة في الحقول ذات الميل الصغير أي عندما لا يزيد الميل على (0.002) وكذلك في الترب ذات النفاذية

المنخفضة. ويجري شق هذه الخطوط موازية لخطوط الأفقيات أو بأن تشكل زاوية حادة معها، كما أن سعة الخط يجب أن تكون كافية لتتسع لمقنن السقاية، لذلك فإنَّ هذه الخطوط تكون عميقة. ويتم ملء هذه الخطو ط بسرعة بتصريف $(2-4..l/\sec)$ لكل خط على نحوٍ تساوي سماكة المياه في بداية الخط $(1/3)$ عمقه أما في النهاية $(2/3)$ عمقه.

ويمكن تحديد طول الخط من العلاقة:

$$l = (h_2 - h_1)/i$$

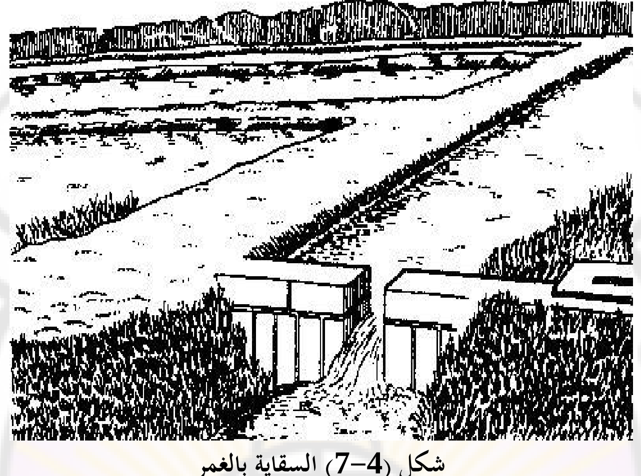
حيث $(h_2 - h_1)$ عمق المياه في بداية ونهاية الخط، وتساوي على الترتيب $(5-7cm)$ في البداية، و $(11-14cm)$ في النهاية، وذلك تبعاً لميل الخط. ويساوي طول الخط عندما يكون الميل مساوياً (0.0005) يكون طول الخط $(50-80m)$ ، وعندما يساوي الميل (0.001) فإنَّ الطول يكون $(30-40m)$.

<u>الري بالخطوط المفتوحة:</u> تستعمل هذه الطريقة عندما يراوح الميل $(0.002-0.02)$ وتجري السقاية بواسطة تيار ماء ثابت أو متغير التصريف كما يمكن أن تجري المياه دون هدر عندما يتوقف تدفق المياه في الخط عند وصول المياه إلى $(85\%-90\%)$ من طول الخط، أو بهدر عندما تصل المياه إلى نهاية الخط. أما في الترب الثقيلة وذات الميل الشديد فيجري الري بالهدر بأن تصل المياه إلى نهاية الخط، ويمكن أن نلجأ إلى خفض تصريف المياه بعد أن تصل إلى $(2/3)$ طول الخط.

3-2-4. الري بالغمر:

تعتبر هذه الطريقة من أقدم طرق الري التي عرفها الإنسان، فقد تم استخدامها في آسيا وجنوب أوربة ومصر، وسورية؛ إذ يتم فيها غمر مساحات على شكل أحواض محاطة بأكتاف ، وتكون هذه الأحواض مستوية أفقياً تقريباً، وارتفاع الماء فيها تقريباً $(20-25cm)$. وتستعمل هذه الطريقة بشكل كبير لسقاية الرز ولغسل الترب المالحة ،

وأحياناً عندما يتم سقاية محاصيل بخطوط ضيقة على ميول قليلة، وتبعاً للغرض والميول والأعمال الميكانيكية فإنَّ مساحة الأحواض تعادل $(0.2-20hec)$ ، شكل (7-4).



شكل (7-4) السقاية بالغمر

يتم تزويد الماء بشكل متتال من الأحواض العلوية المجاورة لقناة الري إلى الأحواض السفلية المجاورة لقناة التجميع ، ويتم إخراج الماء عادة بالتتالي من زوايا مختلفة كي يؤمن جريان وتوزيع الماء في الأحواض. وبالنسبة إلى التدفق المائي للحوض(Q) ل/ثا يمكن الحصول عليه عن طريق ضرب عرض الحوض بالتدفق النوعي (q) ل/ثا على واحدة العرض:

$$Q = q \times b$$

أما بالنسبة إلى طول الحوض (b) والتدفق النوعي (q) فيتعلقان بطبوغرافية الأرض وبنفاذية التربة للماء، فإذا كانت نفاذية التربة للماء قليلة كان سطح الأرض مستوياً، بينما نجد أنه إذا كانت نفاذية أرض الحوض كبيرة فهذا يناسب الأرض المنحدرة.

ويكون هناك اختلاف في توزيع المياه إذا كان تيار الماء يجري من رأس الحوض أو الجوانب، ويؤدي ذلك إلى سوء توزيع الماء في الحوض ، ولاسيّما في حال وجود انحدار في المقطع العرضي يزيد على (0.002) ، وتصنف هذه الأحواض حسب عدة معايير:

حسب طريقة توزيع الماء: يكون هذا التوزيع إما من رأس الحوض وإما من أحد جانبيه أو من كلا جانبيه معاً. ويبين الجدول (4-4) تحديد طول الحوض المروي من ناحية الرأس.

جدول (4–4) تحديد طول الحوض المروي

سرعةالتسرب، سم/سا	معدل الري، م3/هـ	الميل			
		0.0001	0.0001 - 0.002	0.002 - 0.003	0.003 - 0.005
6	1000	-	-	400	800
	1200	400	600	800	1000
	1500	750	900	1000	1200
6 – 12	1200	-	-	300	400
	1500	400	550	700	800
12- 18	1200	-	-	-	300
	1500	-	325	375	425

حسب عرض الحوض: أحواض ضيقة، إذ يراوح العرض (1.8 – 3.6m) وهناك أيضاً أحواض واسعة يراوح عرضها (30 – 40m) .

حسب طول الحوض: توجد أحواض قصيرة طولها نحو (50m) ، وأيضاً هناك أحواض طويلة تصل إلى (500m) ، إذ يحاط كل حوض بأكتاف ترابية أو بيتونية مؤقتة بارتفاع (16 – 25cm) ، أما عرض قعر الكتف فيراوح بين (40 – 60cm) ، أما بالنسبة إلى حجم الحوض فيتحدد بمجموعة من العوامل أهمها نفاذية التربة وتدفق قناة الري الواصلة إلى الحقل. أما مساحة الحوض فهي تتعلق بكل من ميل الأرض ونفاذيتها للماء، وأيضاً بالتدفق الممكن الحصول عليه. أما ارتفاع الماء في الحوض فيراوح وسطياً (15 – 25cm) ، ويمكن أن يصل عمق الماء في الجزء المنخفض من الحوض إلى ارتفاع (40cm) ، وينخفض

الماء في الجزء المرتفع إلى $(10cm)$، مع السماح باختلاف عمق الماء في الحوض بين $(5-10cm)$، في الأراضي المستوية ذات الميل البسيط ويحسب طول وعرض الحوض وفق العلاقة:

$$l = (h_{\max} - h_{\min})/i$$

إذ:

ℓ – طول أو عرض الحوض.

h_{max} – السماكة القصوى للماء في الجزء المنخفض من الحوض.

h_{min} – أقل ارتفاع للماء في الجزء المرتفع من الحوض.

i – ميل الأرض باتجاه الطول أو العرض.

ويبين الجدول (5) مساحة الحوض تبعاً للتربة، كذلك التدفق الذي يخصص لها.

جدول (4-5) مساحة أحواض الري بـ (م2) تبعاً لتدفق الماء ونوع التربة

التدفق ل/ثا	نوع التربة			
	رملية	رملية لومية	طينية لومية	طينية
30	200	600	1200	2000
75	500	1600	300	5000
150	1000	3000	6000	10000
225	150	4500	9000	15000
300	2000	6000	12000	20000

يرتبط التدفـق المائي بنفوذية التربة، ويحدد التدفق عند زراعة المحاصيل العادية حسب نوع التربة التي تقوم بترشيح المياه المضافة خلال مدة زمنية تعادل $(3-5)$ مرات مدة الإضافة، ففي هذه الحالة يكون التدفق المائي معادلاً لـ $(3-5)$ مرات عامل نفاذية التربة للماء المضاف. من عيوب هذه الطريقة أنها على انخفا ض تكاليف إنشائها تكون كفاءة إضافة مياه الري منخفضة. كذلك تؤدي إلى تصلب القشرة السطحية في الأراضي الطينة، ونتيجة لذلك تؤدي إلى تغيير بناء التربة إذ تقل التهوية وتعاني النباتات

صعوبة في الظهور فوق سطح التربة، كما أنَّ الأكتاف الترابية التي قد تُنشأ حول الأحواض تعيق حركة الآلات الزراعية إضافةً إلى أن المساحات التي تشغلها هذه الأكتاف تعتبر ضائعة.

4-2-4. تسوية سطح التربة وأنواعها:

تشمل تسوية سطح التربة حفر المناطق المرتفعة من سطح الحقل وردم المناطق المنخفضة بتربة الحفر؛ فالتسوية هي القضاء على المرتفعات والمنخفضات الطبيعية والاصطناعية الناتجة عن الاستثمار والفعاليات الحقلية. إنَّ التسوية تقوم بتخفيض مقننات السقاية، وتؤدي إلى ترطيب منتظم لكل المساحة المروية، ومِن ثَمَّ إلى رفع إنتاجية السقاية. كما تمنع التسوية الفروق الإنتاجية بين المناطق المرتفعة والمنخفضة، إذ إنَّ جفاف المناطق المرتفعة يُسَرِّع عملية النضج في حين تتأخر في ذلك المناطق المنخفضة، فالتسوية ترفع الإنتاج الزراعي وتُسهِّل عمل الآليات. تعد التسوية ضرورية جداً، ولاسيّما في المناطق المهددة بالتملح ، إذ إنَّ تجمع المياه في المناطق المنخفضة يرفع منسوب المياه الجوفية، كما أن جفاف المناطق المرتفعة يؤدي إلى تملح هذه المناطق.

يراوح حجم أعمال التسوية بين $(100-1000m^3)$ للهكتار الواحد، وذلك تبعاً لطبوغرافية المنطقة. إنَّ التسوية مع حفر $(10-15cm)$ تعد ممكنة في كل الأراضي حتى القليلة العمق، كما يُسمح بحفر حتى $(20-25cm)$ في مناطق محدودة لا تتعدى $(5-10)\%$ من المساحة الكلية، وذلك لأنَّ الحفر العميق يؤدي إلى خفض خصوبة التربة وزيادة حجم أعمال التسوية.

هناك عدة أشكال لسطح التربة بعد التسوية:

1- سطح أفقي، 2-سطح مائل، 3- سطح خطي، 4- طبوغرافي.

تجري التسوية لإعطاء سطح أفقي لحقول الأرز وللمناطق التي تُسقى سقايات احتياطية بواسطة الغمر، كما أنَّ هذا الشكل من التسوية ضروري للمناطق المالحة بغرض غسلها. والتسوية لسطح مائل تجري لدى الري بالخطوط والشرائح؛ وفي هذه الحالة يكون ميل كل الخطوط والشرائح متساوياً كما أن زمن السقاية واحداً.

أما التسوية لتشكيل سطح خطي فتتكون من حركة خط مستقيم على مسارين مستقيمين أو منكسرين ولهذين المسارين ميول مختلفة، فلكل خط في الحقل ميل خطي ومختلف عن الآخر. وفي التسوية الطبوغرافية يكون سطح التربة قريباً من سطحها الطبيعي، ويتم في هذه التسوية فقط حفر المرتفع وردم المنخفض.

تتطلب التسوية لتشكيل سطح مائل حجم أعمال كبيرة، ولهذا تتم التسوية بشكل خطي أو طبوغرافي وذلك لخفض الكلفة.

تصمم أعمال التسوية على خرائط طبوغرافية بمقياس $(1/1000)$، $(1/2000)$ وذات أفقيات كل $(0.25m)$، ومقاطع طولية بمقياس أفقي $(1/1000)$، $(1/2000)$ وشاقولي $(1/100)$. كما يجب أن تكون دقة التسوية بحدود $(2-5cm)$، كما أنه يجب الأخذ بالاعتبار أن الردميات سوف تهبط بحدود $\%(25-20)$ من سماكتها.

5-2-4. شبكات السقاية المكشوفة والمغلقة:

تستخدم شبكة السقاية الحقلية في قطاعات الري لتوزيع المياه على مجموعات الخطوط والشرائح. وتقوم السواقي بسحب المياه من قناة التوزيع ذات الدرجة الأخيرة من شبكة التوزيع الدائمة. ويمكن أن تتألف شبكة السقاية الحقلية من السواقي فقط؛ إذ يتم تقديم المياه مباشرةً من السواقي إلى الخطوط والشرائح، وفي هذه الحالة يبلغ طول الساقية $(400m-200)$، أو يمكن أن تتألف شبكة السقاية الحقلية من السواقي والمراوي؛ إذ تقوم المراوي المتفرعة عن السواقي بتقديم المياه إلى الخطوط والشرائح، وفي هذه الحالة

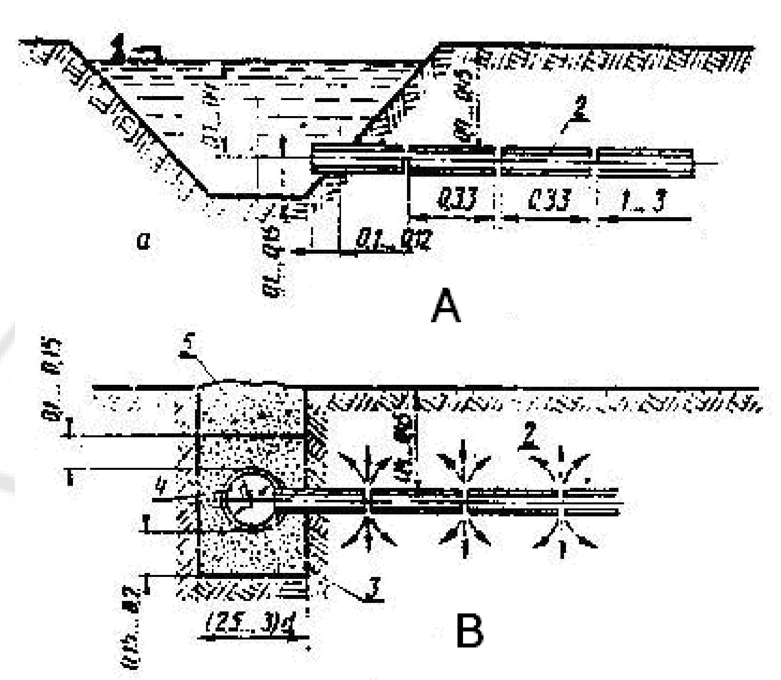
يصل طول الساقية إلى $(1000m)$ تبعاً للميل والتصريف ونوع التربة. تراوح المسافة بين السواقي من $(50m)$ إلى $(200m)$. تحسب السواقي على تصريف واحد ويحدد تصريف الساقية وعدد السواقي العاملة معاً من مخطط تنظيم السقاية. يراوح تصريف السواقي الحقلية من $(20l/s)$ إلى $(120l/s)$، وعادة لا تستطيع الآليات الزراعية عبور السواقي التي يزيد تصريفها على $(40l/s)$؛ الأمر الذي يتطلب ردمها قبل تنفيذ الأعمال الزراعية، كما تؤدي زيادة تصريف السواقي إلى زيادة إنتاجية عمال السقاية.

تتميز شبكة السقاية المكشوفة بعدة سلبيات، من منها: عدم انتظام توزيع المياه؛ وعدم إمكانية مكننة وأتمتة عمليات السقاية؛ والإنتاجية المتدنية لعمال السقاية؛ وضياع مساحات مقتطعة من الأرض تحتها ومِن ثَمَّ انخفاض عامل استثمار الأرض؛ وإعاقة عمل الآليات الزراعية. لهذا وتجنباً لهذه السلبيات تم الانتقال إلى شبكات السقاية الأنبوبية المتنقلة. وتتألف شبكة السقاية الأنبوبية من أنبوب توزيع متنقل وأنابيب سقاية بدلاً من المراوي، وتقوم أنابيب السقاية بتقديم المياه إلى الخطوط والشرائح من خلال فتحات.

4–3. الري تحت سطح التربة:

إنَّ طريقة الري تحت سطح التربة؛ هي إحدى طرق الري التي تسمح بمرور تيار ماء الري إلى منطقة جذور النباتات الواقعة تحت سطح الطبقة السطحية، ويتم ترطيب هذا المقطع عن طريق ارتفاع الماء بالخاصة الشعرية. وتصلح هذه الطريقة من الري للمناطق السهلة المستوية مع ميول بسيطة وذات الخاصة الشعرية الجيدة. ويمنع استخدام هذه الطريقة في الترب الرملية والرملية السيلتية العالية وفي الترب ذات النفاذية الضعيفة وفي الترب الملحية.

تقوم هذه الطريقة من الري بتوزيع الماء على أنابيب ممدودة تحت سطح التربة من أنابيب رئيسية تحت سطح التربة أو من أقنية مكشوفة ، شكل (4-8).



1–قناة مكشوفة، 2– أنابيب، 3– ردم رملي، 4– أنبوب توزيع، 5– ردمية من التربة، (الأبعاد بالمتر)

A– نظام نصف مغلق، B– نظام مغلق

شكل (4–8)الري تحت سطح التربة

تصل المسافات بين الأنابيب إلى $(1.5m)$، وهي تتعلق بشكل هذه الأنابيب والضغوط المائية فيها، وبالخاصة الشعرية للتربة. تتألف الشبكة من مركز ضخ وأقنية مكشوفة أو أنابيب مغلقة لنقل الماء، وتكون أنابيب الري والمصارف مطمورة تحت سطح التربة.

يتم ترطيب منطقة الجذور بهذه الطريقة بوسائل مختلفة أهمها:

–أنابيب متوازية مسامية مطمورة بفاصل $(1.75-2m)$ وعلى عمق يراوح $(0.4-0.45m)$ عن سطح التربة.

– أنابيب غير مسامية، مثقبة كل $(0.3m)$ ومحاطة بفلتر ومتوضعة على بعد يراوح $(5-6m)$ الواحد عن الآخر وعلى عمق $(0.4-0.45m)$. وتصنع هذه الأنابيب من البيتون أو الفخار أو من مستحضرات البولي إيتلين الجديدة.

أما بالنسبة إلى جريان الماء في الأنابيب فيكون إمَّا عادياً غير مضغوط وإمَّا مضغوطاً. ويتصف الجريان غير المضغوط بأنَّ الماء يصل إلى الطبقة العلوية بالصعود الشعري، وأما الأنابيب المضغوطة ذات العمل الدوري يخرج الماء منها من خلال وصلات الأنابيب بضغط مائي يصل إلى $(0.5m)$.

4–3–1. مزايا طريقة الري تحت سطح التربة:

– عدم تشكل قشرة ترابية تعيق عمليات بزوغ البذور.

– إمكانية القيام بالأعمال الزراعية أثناء مدَّة السقاية.

– يقل نمو الأعشاب الضارة في أراضي الحقول المروية بهذه الطريقة.

– المحافظة على الخواص الفيزيائية للتربة.

– تحقيق توفير اقتصادي نتيجة التوفير باليد العاملة.

4–3–2. مساوئ طريقة الري تحت سطح التربة:

– ترطيب الطبقة العلوية للتربة يكون ضعيفاً، مما يتطلب ري إضافي بطريقة الرش.

– ضياع جزء من المياه أسفل الطبقة الفعالة من التربة.

– عدم استخدامها في سقاية الترب المالحة.

– صعوبة مراقبة أنابيب الترطيب.

– الكلفة البدائية العالية وغلاء تكاليف الصيانة.

4–4. الري بالرش

4–4–1. مزايا طريقة الري بالرش

تعدُّ طريقة الري بالرش من الطرق الحديثة وذات انتشار واسع بسبب كفاءتها العالية وتجانس توزيع الرطوبة على سطح وداخل التربة، وتوفر المواد اللازمة لتركيبها. يضاف الماء بهذه الطريقة فوق سطح الأرض على هيئة رذاذ يشبه المطر نتيجة لخروجه من فتحات ضيقة تحت ضغط معين يكفي للوصول بالتربة في منطقة الجذور إلى سعتها الحقلية بأقل قدر من الفواقد المائية. ومن أهم مزايا هذه الطريقة:

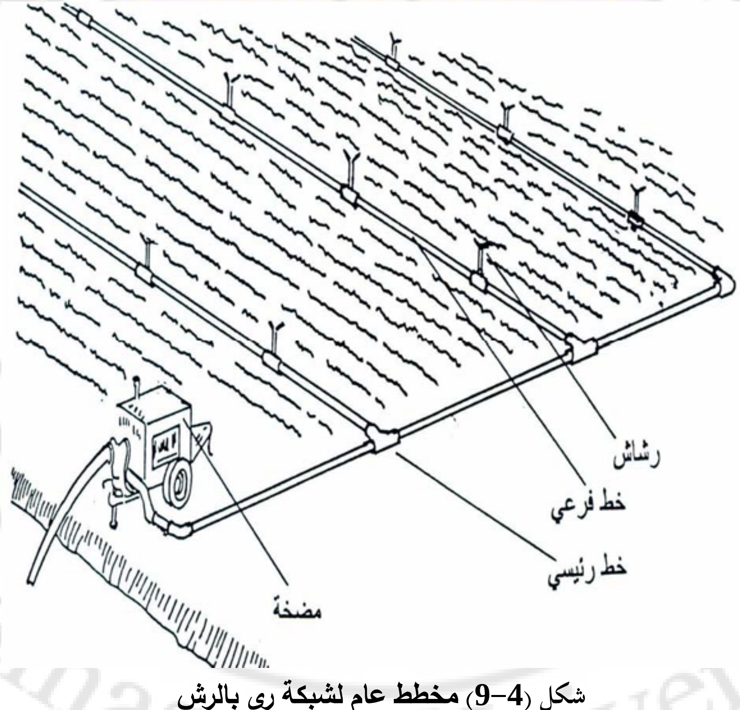
- تستخدم في ري الأراضي ذات الانحدار الشديد أو ذات سطح غير منتظم.
- تستخدم في ري الأراضي عالية النفاذية.
- تلائم التربة ذات المقطع غير المتجانس.
- تقلل من نحر التربة وتحافظ على خصوبة التربة السطحية.
- تلائم الترب ذات مستوى الماء الأرضي العالي.
- إمكانية إضافة الأسمدة والمبيدات من خلال شبكة الري بالرش.
- تستخدم لري الأراضي الضحلة التي لا تسمح تضاريسها بالتسوية.
- توفير الأيدي العاملة وعدم حاجتها إلى عمال ذوي خبره فنيه عالية.
- إمكانية استخدامها لحماية المحاصيل من الصقيع.
- يمكن أن تستخدم في ري معظم المحاصيل.

4-4-2. المتطلبات من آليات الري بالرش:

على آليات الرش أن تؤمن الآتي:

- غزارة المطر يجب ألَّا تزيد على سرعة تشرب المياه في التربة.
- قطر ذرات المطر لا تزيد على $(1-2mm)$.

- يجب أن تكون الآليات اقتصادية خفيفة الوزن ولا تحتاج لطاقة عالية لتشغيلها وتوزع المياه بانتظام في الحقل، وعلى نحوٍ لا يتشكل أي جريان سطحي.
- يجب ألاَّ تؤذي ذرات المطر أزهار وبراعم وأوراق النباتات وهذه الغزارة يجب ألَّا تزيد عن $(0.06-0.15..mm/\min)$ للترب الغضارية و $(0.1-0.25..mm/\min)$ للترب المتوسطة و $(0.15-0.45..mm/\min)$ للترب الخفيفة.
- يجب أن تسمح بتزويد السماد وبرش المبيدات في الحقل.
- أن تكون الإنتاجية عالية.



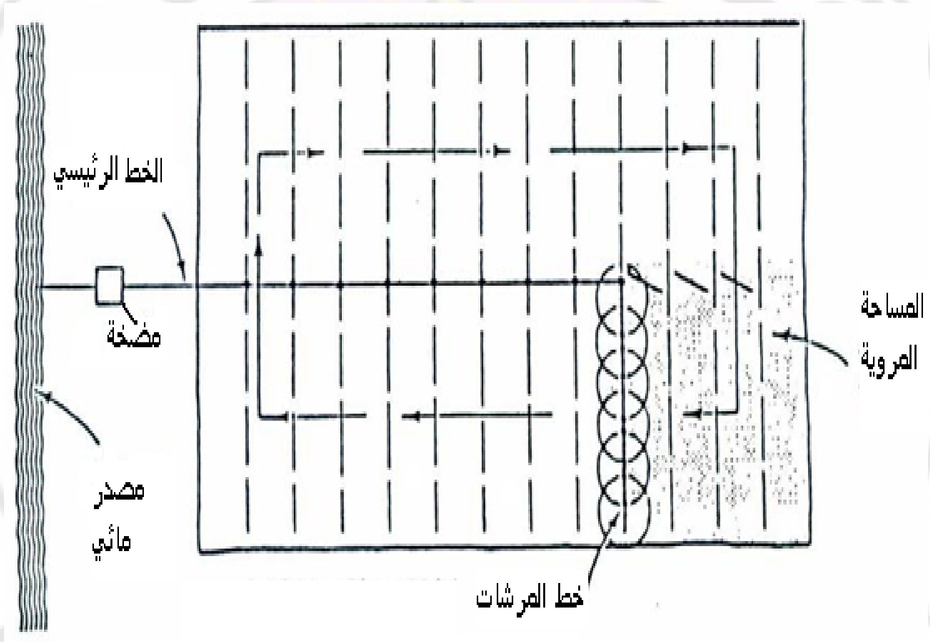
شكل (4–9) مخطط عام لشبكة ري بالرش

3-4-4. آليات الري بالرش واختيارها:

يمكن أن نميز هنا نظام الري بالرش الاعتيادي ونظام الري بالرش المتحرك.

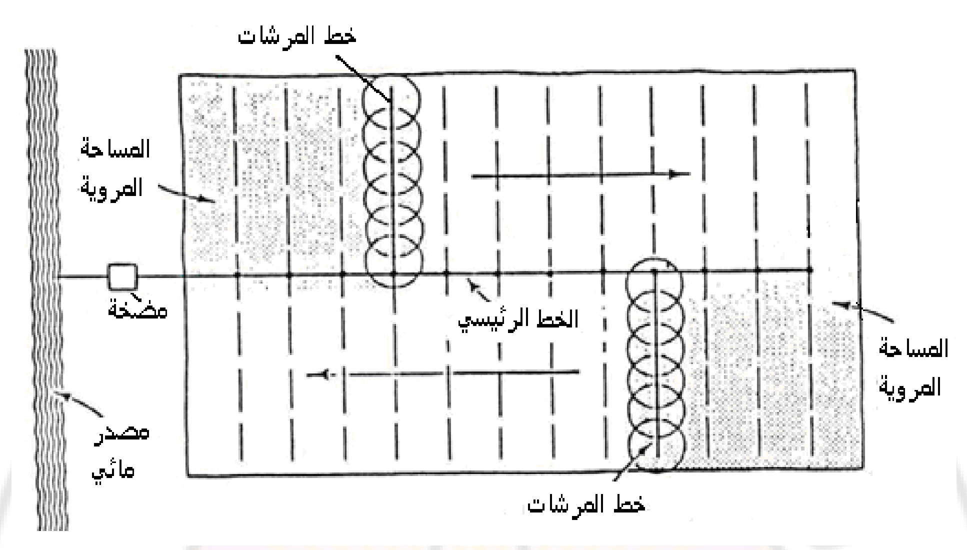
أولاً: نظم الرش الاعتيادية (التقليدية):

أ– نظام الري المتنقل: تكون الأنابيب الفرعية والرئيسية والمضخة في هذا النظام متنقلة من مكان لآخر تبعا لحاجة الري، تمتاز هذه الأنظمة بتكلفتها الأولية المنخفضة نسبياً، إلا أن أهم عيوبها هي تكلفة تشغيلها عالية، وتحتاج إلى عمالة كثيرة. وبهذه الطريقة ينقل عادة الخط الفرعي من مكان إلى آخر حتى الانتهاء من ري المساحة، ثم تنقل هذه الأنابيب مع الأنابيب الرئيسية والمضخة إلى موقع أو حقل آخر لري المساحة الثانية، وهكذا تستمر عملية نقل النظام إلى أن يكتمل ري الحقل جميعه.



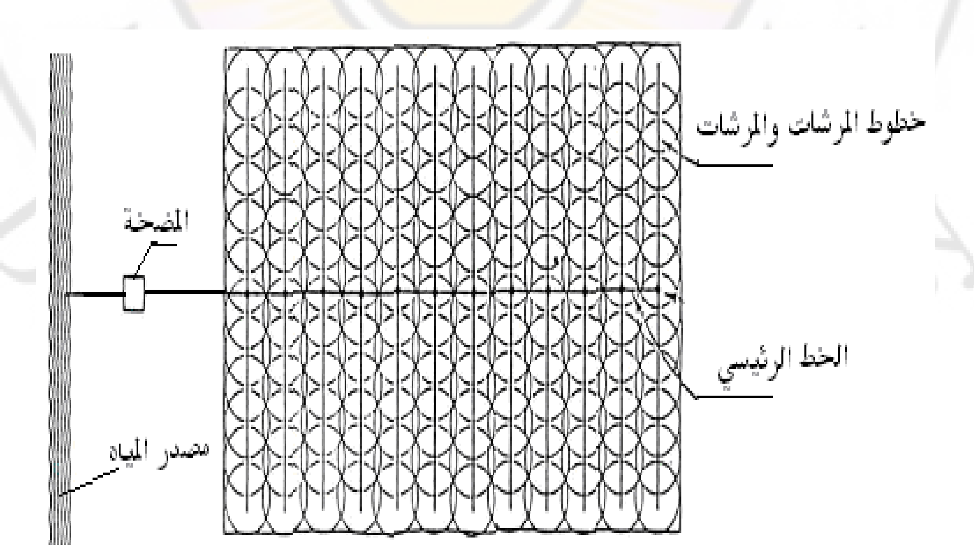
شكل (4–10) نظام ري متنقل

ب– النظم نصف الثابتة : تكون الأنابيب الفرعية في هذا النظام متنقلة، أما الأنابيب الرّئيسة والمضخة تكون ثابتة، وعادة تكون الأنابيب الرّئيسة مدفونة تحت سطح التربة، ويفضل بأن يكون الأنبوب الرئيسي في وسط الحقل قدر الإمكان على نحوٍ يؤمن ري الحقل بصورة متجانسة.



شكل (4−11) نظام ري نصف ثابت

ج−نظم الري الثابتة: يتم في هذا النظام تثبيت جميع الأجزاء كالأنابيب الرّئيسة والمضخة والرشاشات. ويمكن ري مساحات كبيرة بهذا النظام والاستغناء عن الكثير من الأيدي العاملة.



شكل (4−12) نظام ري ثابت

مكونات نظام الري التقليدي:

تتكون بشكل عام عناصر هذا النظام من الأجزاء الآتية:

1- الرشاشات: يتم إنتاج هذه الرشاشات بأنواع مختلفة من حيث حجم الفوهة وظروف التشغيل، فمنها الدوارة أو الثابتة أو الترددية، ومنها ما يعمل تحت ضغط مرتفع أو متوسط أو ضغط منخفض، وتتوقف نوعية الرشاش على:

نوعية المحاصيل، والمسافة بين الخطوط، وسعة الرشح الثابتة للتربة، وضغط المياه عند فوهة الرشاش ، وشكل ونوعية الفوهة ، وسرعة الرياح السائدة في المنطقة ، والمسافة بين الرشاشات على الخط الواحد.

2- شبكة الأنابيب : تشتمل شبكة أنابيب الري بالرش على عدة أنواع من الأنابيب منها ما يتعلق بتوصيل المياه من المصدر (شبكة أنابيب التوزيع الرئيسية والفرعية)، والآخر خاص بتوزيع المياه إلى مختلف أجزاء الحقل (خطوط الرش). وتكون هذه الأنابيب عادة مدفونة تحت سطح الأرض بعمق لا يقل عن(80*cm*) أو تكون على سطح الأرض.

وتصنع من مواد متنوعة وبأقطار وأطوال مختلفة . وإنَّ أكثر أنواع الأنابيب شيوعاً هي المصنوعة من المواد: الألمنيوم، واللدائن، والحديد، والأسبست، والخرسانة. ويتم تحديد كل أقطار الأنابيب في أجزاء نظام الري بالرش بالاعتماد على مقدار التصريف المطلوب وعلى مساحة المشروع.

3- وحدة الضخ : تُنشأ عادة وحدة الضخ بالقرب من المصدر المائي، وقد تكون هذه الوحدة في المشروعات الكبيرة ثابتة ومتكونة من مضخة واحده أو أكثر، أو تستخدم مضخة واحدة يسهل نقلها من مكان لآخر في حالة ري مساحات صغيرة موزعة في عدة مناطق.

4- الملحقات التكميلية لنظام الري بالرش: لا يمكن لنظام الري بالرش أن يؤدي عمله ما إنْ تُلْحَق به بعض أو كل الأجزاء التكميلية الأخرى الآتية:

أ- حامل الرشاش: تثبت الرشاشات على أنابيب أعلى من مستوى المحصول لكي لا يصطدم الماء المنبثق من الرشاشات معه ، ويعيق عملية توزيع ماء الرش بشكل متجانس، ويُدعى الأنبوب المثبت عليه الرشاش بالأنبوب الحامل، وهو الأنبوب الذي يصل بين أنبوب الرش والرشاش، ويمكن أن يُغير ارتفاع الأنبوب الحامل خلال الموسم الزراعي بما يتلاءم مع زيادة ارتفاع المحصول.

ب- وصلات ربط الأنابيب: توجد وصلات وأجزاء أخرى لربط شبكة الأنابيب مثل النقّاصات والأكواع والحنيات والتقسيمات (النهائية والجانبية) والتقاطعات التي توضع في مسار الخط لغرض ربط الأنابيب الفرعية مع الرئيسية، وكذلك سدادات النهاية.

ج- الصمامات: تؤدي الصمامات وظائف مهمة ومختلفة تهدف إلى السيطرة على تدفق المياه داخل أنابيب الري بالرش، ومن هذه الأنواع صمامات (فتح وغلق) وصمامات التقسيم والتفريغ والتنظيف وطرد الهواء وتخفيف الضغط وصمامات مآخذ المضخات.

د- المنظمات والمقاييس: توجد عدة ملحقات وأجهز ة تنظيم للضغط ولقياس التدفق في الأنابيب، وهي تعد ضرورية في تشغيل شبكة الري بالرش وتقويم أدائها كمنظمات ومقاييس الضغط ومقاييس التدفق.

القواعد العامة لتخطيط نظام رش تقليدي نصف ثابت: القواع د الآتية لا تؤدي بالضرورة إلى تخطيط واحد ومحدد، بل يكون لدينا عادة أكثر من تخطيط ممكن لنفس الحقل، ولكن المقارنة في التكلفة الكلية التي تشمل الأيدي العاملة ومكونات النظام هي التي تقرر التخطيط الأمثل. ومن المهم أن يكون التخطيط المقترح هو الذي يحقق أفضل توزيع منتظم للمياه وبالعمق المطلوب. وهذا يتطلب تقارب الضغوط الفعلية عند المرشات على نحوٍ لا يتعدى الاختلاف الأقصى بينهما (20%) من ضغط تشغيل المرش؛ والذي

تُحدده الشركة الصانعة للمرش، وهذا يضمن أن يكون الاختلاف في تصاريف المرشات في حدود (10%) من تصريف المرش. ويجب أن يتلاءم هذا التخطيط مع ظروف التشغيل الفعلية المطلوبة في الحقل. وفيما يأتي نعرض أهم قواعد التخطيط:

1. يتم التخطيط على أساس مدَّة أقصى احتياجات مائية للمحصول، وفي حال زراعة أكثر من محصول في الوقت نفسه يؤخذ أقصى احتياج مائي ممكن حدوثه في نفس الوقت للمحاصيل كلها. كما يجب دراسة الاحتياجات الغسيلية أيضاً.
2. إذا كان التصريف المتاح محدوداً ولكن الحج م الكلي للاستهلاك المائي متوفر؛ فإمَّا أن يتم إنشاء خزان للحصول على التصريف المطلوب لمدَّة أقصى احتياج مائي، وإمَّا يتم ري مساحات من الأرض بالتناوب؛ بدلاً من ري مساحة كبيرة بمعدلات أقل من اللازم.
3. من المفضل وضع المضخة الرئيسية في وسط قطعة الأرض، وذلك لأنه يقلل من طول الخط الرئيسي، ويساعد على انتظام الضغط.
4. يجب أن يناسب التخطيط شكل قطعة الأرض وأوقات العمل وأوقات تشغيل المضخة، ويراعى ترك المسافات المناسبة للطرق الترابية اللازمة لخدمة المحصول.
5. من المفضل أن يمر الخط الرئيسي بأعلى المناسيب قدر الإمكان، وأن يكون انحدار خطوط المرشات إلى أسفل، ولكن في حدود بسيطة والأفضل أن تكون أفقية. وأحياناً توضع الخطوط بانحدار كبير نسبياً على نحوٍ تتوازن الزيادة في الضغط نتيجة فرق المنسوب مع الانخفاض في الضغط الناتج بسبب فواقد الاحتكاك.
6. من المفضل تجنب وضع خطوط المرشات في الاتجاه الصاعد إلا عند الضرورة.

7. قدر الإمكان يُفضل أن تكون خطوط المرشات متساوية الطول، ولا يتجاوز الطول ($250m$)؛وإن تجاوز ذلك فيجب ألَّا يتجاوز اختلاف الضغط على طول الخط (20%) من ضغط تشغيل المرش.

8. نستخدم عادة أنابيب بأقطار نظامية حسب الأقطار المتوفرة وأطوال قياسية ($3-6-9-12m$) من الألمنيوم لخفته أو من المواد البلاستيكية الحديثة. وغالباً ما يكون قطر الخط ثابتاً على كامل الطول.

9. يمكن تقليل معدل الرش (كثافة التمطير أو الرش) مع زيادة زمن الوضع الواحد لخط المرشات (جناح التمطير). وهذا يُحسِّن انتظام توزيع المياه ولا يؤثر في تركيب التربة البنيوي. ويجب ألَّا يقل هذا المعدل عن حد معين حتى لا يتأثر بالرياح جدول (4-6)، وعلى نحوٍ لا يزداد الزمن المطلوب للري في الوضع الواحد عن حد يسيء لمخطط العمل.

10. كما يُفضل أن تكون خطوط المرشات عمودية أو مائلة بزاوية لا تقل عن (45) درجة على اتجاه الرياح السائدة، وذلك للمساعدة على انتظام توزيع المياه.

11. في المناطق المرتفعة من الحقل وغير المتوافقة مع الطبوغرافية العامة للأرض يُفضل استخدام مضخة صغيرة تؤمن الضغط لهذه المنطقة؛ وذلك حتى لا يتم رفع ضغط الشبكة الكلي.

12. يمكن الاسترشاد بالجدول (4-7) لتحديد القيم القصوى للمسافات (S_1) بين المرشات و المسافات (S_2) بين خطوط المرشات (أجنحة التمطير) كنسبة من قطر الرش (D).

جدول (4–6) الحد الأدنى لكثافة التمطير

المنطقة المناخية	كثافة التمطير (مم/سا)
ساحلية باردة	3.8 − 2.5
ساحلية دافئة	5.1 − 3.8
قارية باردة وجافة	5.1 − 3.8
قارية دافئة وجافة	7.6 − 5.1
صحراوية باردة	12.7 − 7.6
صحراوية حارة	19.0 − 12.7

جدول (4−7) القيم القصوى للمسافات S_1 ، S_2 تبعاً لسرعة الرياح وشكل التوزيع

سرعة الرياح، كم/سا	توزيع المرشات					
	مستطيل		مربع		مثلثي	
	S_1/D	S_2/D	S_1/D	S_2/D	S_1/D	S_2/D
4.7 − 0.0	0.5	0.6	0.55	0.55	0.6	0.52
11 − 6.5	0.45	0.6	0.5	0.5	0.55	0.47
19 − 13	0.4	0.6	0.45	0.45	0.5	0.43

تصميم نظام رش نصف ثابت:

وفيما يأتي تفصيل هذه الخطوات:

1− حساب العمق الكلي (h_{tot}) المطلوب في الرية الواحدة أو الاحتياج المائي مقدراً بـ (mm) ويعتمد على: الخواص التخزينية للتربة، وأقل درجة رطوبة مسموح بها، وتوزيع ومساحات المحاصيل المختلفة، وكفاءة الري الحقلي.

2− تعيين المدَّة بين الريات (T_{in}) عند أقصى استهلاك مائي للنبات، مع تقريب هذه المدَّة لأقرب عدد صحيح من الأيام، ويلاحظ تعديل القيم (h_{tot}) بعد تحديد قيمة

الفعلية. وتحدد عدد الأيام المتاحة للري خلال هذه المدَّة (T_{in}) ($N_{d.irr}$) تبعاً لظروف التشغيل والعمليات الزراعية، وعلى نحوٍ يكون أقل أو يساوي المدَّة بين الريات (T_{in}).

3- تعيين المدى المناسب لكثافة التمطير الوسطية أي معدل الرش الوسطي (R_A)، وهذا يتوقف على نوع التربة والمحصول، ومدى العناية بحالة التربة، والظروف الجوية التي تحدد الحد الأدنى لمعدل الرش ($R_{A.min}$). ومعدل الرش الوسطي يجب ألَّا يتعدى معدل الرش المتوسط قيمة معدل التشرب للتربة (I_S).

4- يتم رسم التخطيط المقترح للشبكة أو عدة تخطيطات مع إتباع القواعد العامة السابق ذكرها، وينبغي تقليل معدل الرش للأرض المنحدرة، ويمكن زيادة هذا المعدل مع نمو الغطاء النباتي.

5- لتحديد عدد المرشات (N_{SP}) المطلوبة لكل خط رش (جناح تمطير)، من المفضل تساوي أطوالها والتباعدات (S_1) بين المرشات، وعدد النقلات (N_{set}) لكل خط رش أو جناح تمطير أثناء عدد الأيام المتاحة للري، والمسافة (S_2) بين كل موضعين متتالين لجناح التمطير. مع ضرورة أن تكون قيم (S_1)، (S_2) تحقق عدداً صحيحاً للمرشات والخطوط الحاملة للمرشات، وبما يتفق وأبعاد قطعة الأرض. وقد تؤخذ ترتيبات خاصة لري أطراف القطع غير المنتظمة. وعادةً تؤخذ (S_1)، (S_2) على نحوٍ تناسب الأطوال المستعملة للأنابيب، وتناسب المسافة بين صفوف المحاصيل أو الأشجار.

6- اختيار المسافة بين المرشات (S_1) وعدد المرشات (N_{sp}) للخط الواحد:

باعتبار أول مرش يبعد مسافة ($S_1/2$) عن بداية الخط وآخر مرش يبعد ($S_1/2$) عن حدود الأرض، أي إنَّ:

$$N_{sp} = L_L / S_1$$

حيث:

L_L – بعد حدود الأرض عن الخط الرئيسي (طول الشريحة المروية).

S_1 – التباعد بين المرشات.

N_{sp} – عدد المرشات على الخط (جناح التمطير).

ويجب أن نراعي أن يكون عدد المرشات عدداً صحيحاً، وتُقرَّب إلى أقرب عدد صحيح، وطول الخط من مضاعفات طول الأنابيب المستخدمة.

7- تحديد المسافة (S_2) بين كل وضعين متتالين لخط المرشات أو جناح التمطير:

لتعيين زمن الري في الوضع الواحد (T_{set}) نفترض أولاً قيمة متوسطة لمعدل الرش أصغر من معدل تشرب التربة، وأكبر من معدل الرش الأصغري، ومن ثم نحسب (T_{set}):

$$T_{set} = h_{tot} / R_A$$

ويجب اختيار عدد التوضعات أو النقلات في اليوم الواحد $(N_{set.d})$ لجناح التمطير على نحوٍ يناسب ظروف العمل في الحقل، فإذا اعتبرنا أنَّ عدد الساعات الكلية للري في اليوم متضمنةً نقل الخطوط (T_{tot}) وأنَّ الزمن اللازم لتصفية المياه ونقل الخط أو الجناح إلى الوضع الآتي هو (T_{mov}) ويراوح عادة $(1-2)$ ساعة؛ فيجب أن يتحقق لدينا :

$$(T_{tot}) \geq N_{set.d}(T_{set} + T_{mov})$$

ومن ذلك نجد:

$$(N_{set.d}) \leq (T_{tot})/(T_{set} + T_{mov})$$

ويجب أن يكون عدد التوضعات عدداً صحيحاً.

ولتحديد المسافة (S_2) بين كل توضعين وعدد أجنحة التمطير (N_{lin}) المطلوب استعمالها لري الحقل خلال زمن $(N_{d.irr})$ من الأيام، وعلى فرض أنَّ أول وضع لجناح

التمطير يبعد $(S_2 / 2)$ عن بداية الخط الرئيسي أو الفرعي وأنَّ آخر وضع يبعد $(S_2 / 2)$ عن حدود الأرض، فإننا نحصل على العلاقة الآتية:

$$(N_{set})_{tot} = N_{lin} * N_{set.d} * N_{d.irr}$$
$$(N_{set})_{tot} = L_2 / S_2$$

حيث:

(N_{lin}) – عدد أجنحة التمطير المطلوبة وعلى جانب واحد من الخط الرئيسي،

(L_2) – طول قطعة الأرض بالاتجاه المتعامد مع أجنحة التمطير.

(S_2) – التباعد بين الوضعيات.

$(N_{set})_{tot}$ – عدد الأوضاع الكلية خلال مدَّة الري الكلية المتاحة (وعلى جانب واحد من الخط الرئيسي).

وإذا كان هناك خطان رئيسيان يتفرعان من المضخة وعلى استقامةٍ واحدة يمكن اعتبار مجموع طوليهما نحصل على العلاقة الآتية التي تعطي عدد خطوط المرشات المطلوبة:

$$N_{lin} = L_2 / N_{set.d} * N_{d.irr} * S_2$$

ويتم اختيار (S_2) على نحوٍ تكون (N_{lin}) أقرب رقم صحيح.

8– اختيار المرش المناسب: بعد تحديد كلٍّ من (S_1)، (S_2) ومعرفة سرعة الرياح القصوى، وكذلك معدل الرش المتوسط (R_A) يمكن اختيار المرش الذي يحقق هذه الشروط، ويعطي ويوفر قيمة مرتفعة لمعامل انتظام توزيع المياه. ويفضل عادةً المرش الذي يحتاج لضغط تشغيل أقل؛ وذلك بالرجوع إلى المواصفات الفعلية للمرشات المختلفة للشركات الصانعة. ويمكن الاستعانة بجداول الشركات المنتجة؛ وثم نتحقق من القيمة الفعلية لمعدل الرش من العلاقة:

$$R_A = q_{sp} / S_1 * S_2$$

حيث: q_{sp} – تصريف المرش عند الضغط التصميمي.

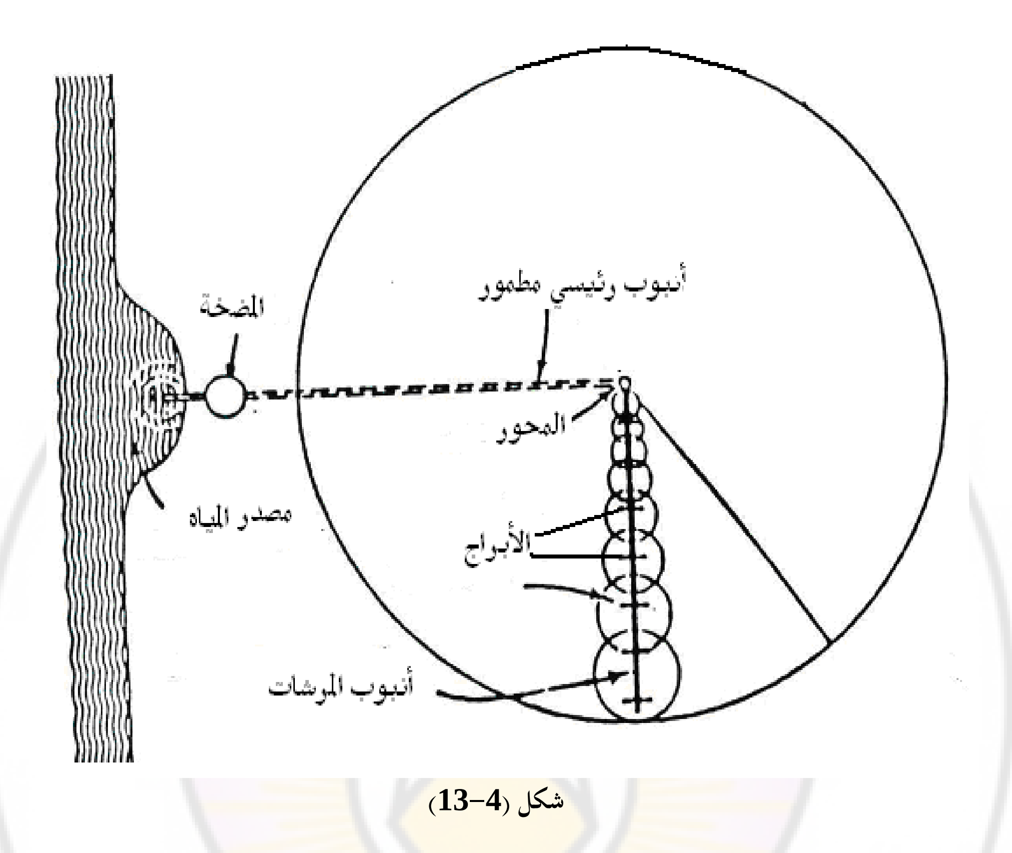
ويجب أن تحقق قيمة (R_A) الفعلية الشرط الذي تم ذكره سابقاً وهو أن تكون أقل من قيمة معدل تشرب التربة وأكبر من معدل الرش الأصغري. ثم نحسب الزمن الفعلي المطلوب للرش في الوضع الواحد باستخدام قيمة (R_A) الفعلية. ويتم حساب عدد ساعات العمل أي الري الفعلية في اليوم الواحد متضمنةً عدد ساعات نقل وتفريغ الخطوط؛ ويجب ألَّا تزيد عن عدد الساعات المتاحة للري في اليوم.

9- القطر المناسب لخط المرشات: يتم اختيار القطر على نحوٍ يُحقق انتظام جيد لتوزيع المياه والذي يتحقق ما لم يتجاوز الاختلاف بين أقصى وأقل تصريف للمرشات في الخط عن (10%) من التصريف التصميمي للمرش. ولتحقيق ذلك يجب ألَّا يتعدى الفاقد الكلي في الخط عن (20%) من ضاغط تشغيل المرش. وتؤخذ الفواقد الثانوية الأخرى (وصلات، صمامات ...) تقريباً $(10-15\%)$ من الفاقد على الاحتكاك (h_f) أي:

$$h_L = (1.1 \div 1.2) h_f \leq 0.2 (P_{SP})$$

ثانياً. نظم الري بالرش المتحركة

أ-<u>نظام الري بالرش المحوري</u>: يتكون هذا النظام من أنبوب رش محمول على أبراج مزوده بعجلات يدور بواسطتها أنبوب الرش في دائرة حول محور مركزي، ويجهز أنبوب الرش بالماء من أنبوب المحور بواسطة مضخة ذات قدره عالية، وتراوح المسافة بين الأبراج بين $(40-76m)$. مصدر الطاقة الحركية للجهاز هي محركات كهربائية صغيرة مثبته عند عجلات كل برج ، وطول أنبوب الرش بشكل عام $(350-400m)$، وتعمل الرشاشات تحت ضغط $(40-80m)$.



شكل (4-13)

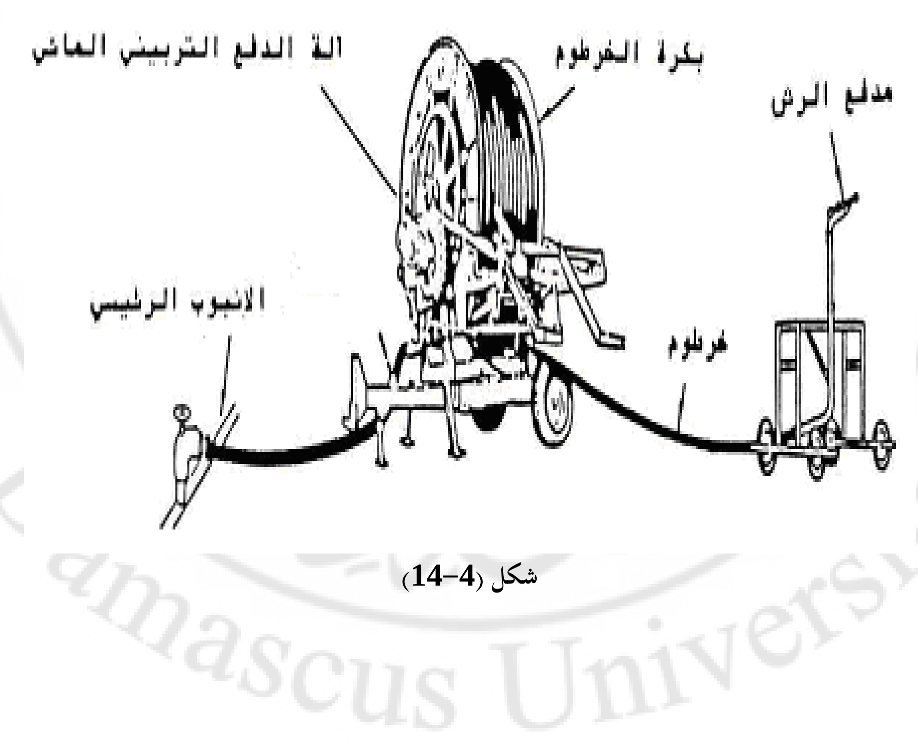
ب- نظام الرش المتحرك طولياً: يشابه هذا النظام الرشاش المحوري إلا أنّه يتحرك بخط مستقيم على امتداد الحقل، ويجهز أنبوب الرش بالماء بواسطة خرطوم من مصدر الماء في الحقل، ويكون معدل الرش على امتداد الأنبوب ثابتاً، وليس متغيراً كما في حالة النظام المحوري.

ج- نظام الرش المدفعي:

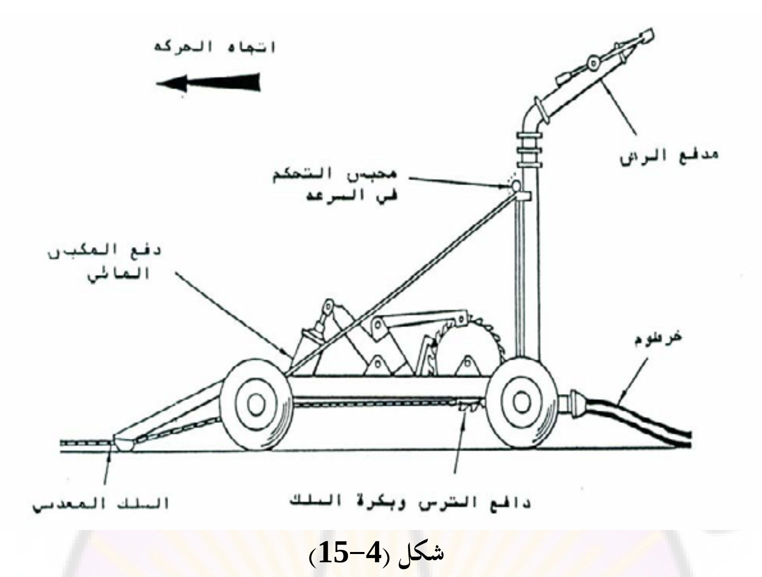
هو نظام ري مزود برشاش كبير ذي سعه عالية مركب على عربة ومتصل بخرطوم ينقل الماء من المصدر، وتسحب العربة على امتداد الحقل إمّا بسلك وإمّا بخرطوم الماء

نفسه، وتُدار البكرة إمّا بواسطة الضغط المائي وإمّا بواسطة آلة احتراق داخلي، ويحتاج هذا النظام إلى ضاغط تشغيل مقداره لا يقل عن $(55m)$.

ومن فوائد هذا النظام هو سهولة وسرعة نقله من موقع إلى آخر مما يساعد على ري عدة حقول في الموسم الواحد، ويراوح قطر الأنبوب $(75-130mm)$ وطوله قد يصل إلى $(400m)$ وبتصريف $(6-13..l/\sec)$ ويروي حقلاً طوله $(800m)$.

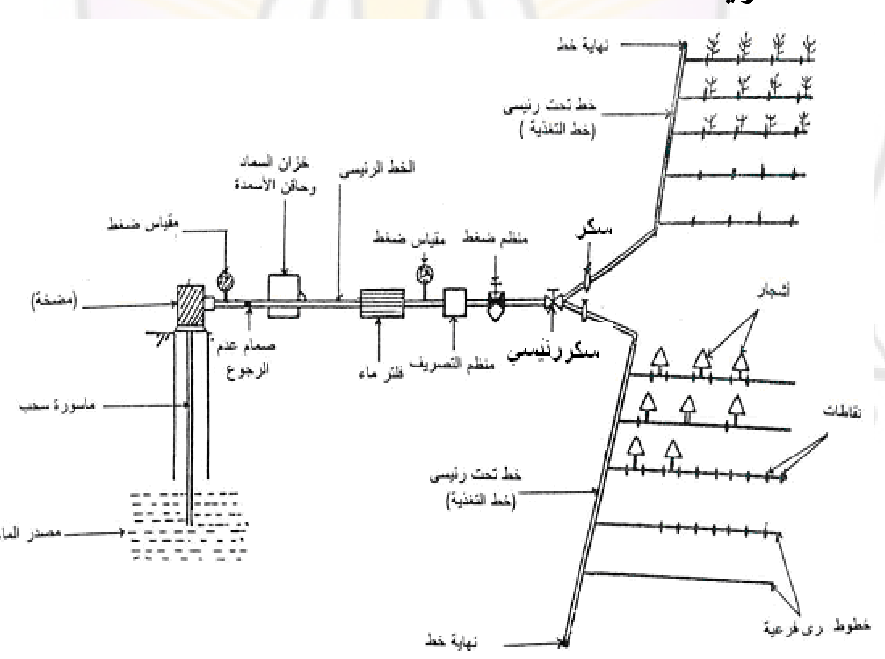


شكل (4-14)



شكل (4–15)

4–5. الري بالتنقيط:



شكل (4–16)مخطط عام لشبكة ري بالتنقيط

يعتبر الري بالتنقيط من الطرق حديثة الاستعمال خلال السنوات الأخيرة، وبهذه الطريقة يتم إيصال الماء للنباتات بشكل متكرر وبطيء على هيئة قطرات متقطعة أو دفق صغير متصل من نقاطات مثبته على امتداد خط تجهيز الماء.

تصريف النقّاطة الواحدة ($2-15..l/hour$) مما يؤدي إلى الوصول بمنطقة الجذور إلى نسبة عالية من الرطوبة قد تصل إلى ($80-100\%$) من رطوبة السعة الحقلية للتربة، وتعمل النقّاطات بشكل عام على تبديد طاقة الماء المتدفق بداخلها.

يتم نقل و توزيع الماء بشبكة الري بالتنقيط من خلال أنابيب مغلقة، تعمل تحت ظروف ضغوط منخفضة نسبيا بحدود ($10m$) (ضغط جوي واحد).

1-5-4. ميزات الري بالتنقيط:

الري بالتنقيط طريقة للسقاية يتم فيها توزيع مياه الري بواسطة شبكة كثيفة من الأنابيب مباشرة إلى منطقة الجذور على شكل غزارات قليلة تخرج من ثقوب صغيرة، أو نقاطات مثبتة على طول الدرجات الدنيا من الأنابيب (أنابيب السقاية) بهدف الحفاظ على المستوى الأمثل لرطوبة التربة. تمكننا طريقة الري بالتنقيط من تقديم مياه الري إلى النبات بشكل مستمر إضافة للعناصر الغذائية خلافاً لما يجري في طرق الري الأخرى إذ تقدم المياه على شكل دفعات (سقاية متقطعة). إن إتباع هذا الأسلوب في توزيع مياه الري خلال الموسم تبعاً للاحتياج المائي للنبات وتغييراته حسب مراحل النمو يسمح في إيجاد النظام المائي وتوزيع الرطوبة الأمثل في حدود العمق الفعال للتربة مما يؤدي إلى زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية.

محاسن الري بالتنقيط:

- الوفر الكبير في مياه الري الناتج عن الترطيب الموضعي (المحلي) لمنطقة انتشار الجذور المحدد بمسقط القسم الخضري.

- إمكانية مكننة الأعمال الزراعية دون عائق نتيجة لعدم ري المسافة الفاصلة بين الخطوط.

- عدم الحاجة إلى أعمال التسوية وإمكانية ري السفوح ذات الميول الشديدة.

- عدم تعرض النبات لصدمات ميكانيكية كما هو الحال في الري بالتمطير (الرش).

- إمكانية تقديم الأسمدة والمبيدات في آن واحد مع مياه الري.

- سهولة الاستثمار والصيانة.

- قلة التكاليف الاستثمارية على الطاقة مقارنة بالري بالرش.

- انعدام الحاجة لشبكات الصرف الجوفي لانعدام الفواقد بالتسرب.

- إمكانية عملها بشكل آلي باستعمال أجهزة القياس المباشرة لرطوبة التربة.

سلبيات الري بالتنقيط:

- إمكانية انسداد ثقوب النقاطات بمحتويات مياه الري من المواد العالقة والرواسب والأملاح.

- عدم الانتظام في توزيع مياه الري من النقاطات نتيجة لاختلاف توزع الضغط على طول أنبوب السقاية.

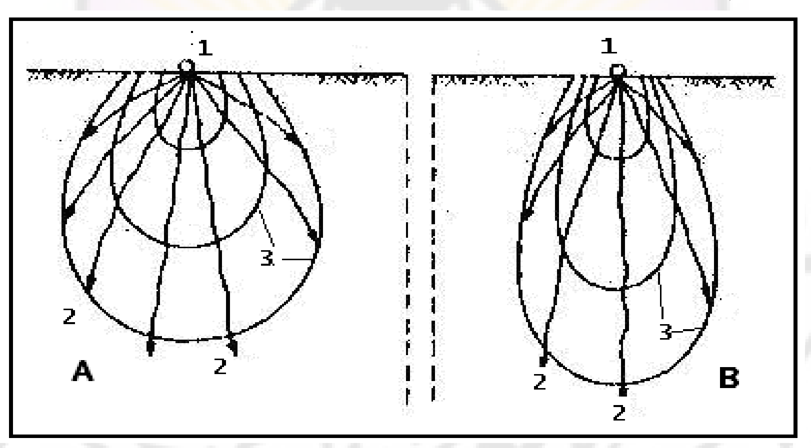
- إمكانية تلف أنابيب السقاية البلاستيكية بفعل القوارض.

- النفقات الإنشائية تكون مرتفعة نسبياً لما تتطلبه شبكة الري بالتنقيط؛ شبكة كثيفة من الأنابيب الفرعية، ونقاطات والمنشآت اللازمة لتنقية المياه، وأجهزة خلط الأسمدة والمبيدات.

4-5-2. عناصر تقنية الري بالتنقيط: تشمل عناصر الري بالتنقيط ما يأتي: بؤر الترطيب، بقعة الترطيب من سطح التربة، حدود ومحيط الترطيب، غزارة النقاطات، عدد ومخطط نقاط توزيع مياه الري في بؤر الترطيب، انتظام توزع مياه الري في النقاطات، مخطط توضع النقاطات على المساحة المروية، مساحة الترطيب.

يبين الشكل (4-17) حدود محيط انتشار الرطوبة وتوزعها في الأتربة ذات القوام الثقيل والخفيف إذ يُلحظ أن الرطوبة تتوزع بشكل رأسي في الأتربة الخفيفة بينما تتوزع بشكل أفقي في الأتربة الثقيلة نتيجة لتأثير الخاصة الشعرية ، لذا يجب أخذ هذه الظاهرة بعين الاعتبار عند تصميم شبكة الري بالتنقيط ، وبشكل خاص توزيع النقاطات وتحديد بعدها عن الساق. كما تبين معطيات الجدول (4-8) المساحة النسبية للترطيب لمختلف الأتربة، وذلك تبعاً للغزازات وتوضع النقاطات.

يتحدد نظام السقاية في طريقة الري بالتنقيط انطلاقاً من المبدأ الأساسي الذي تعتمد عليه هذه الطريقة والمتضمن ضرورة المحافظة على رطوبة التربة قريبة من قيمتها الأمثلية. لذا من الأنسب إجراء السقايات بمقننات تساوي كميات المياه المصروفة من الحقل في اليوم السابق.



A- تربة ثقيلة؛ B- تربة خفيفة؛ 1- نقاطة؛ 2- اتجاه الانتشار؛ 3- خطوط تساوي الرطوبة

شكل (4-17) انتشار الرطوبة في التربة

عدد النقاطات: يمكن الحصول على عدد النقاطات في مساحة محددة اعتماداً على الجدول (4-9) الذي يربط عدد النقاطات في الهكتار مع مقدار معدل التبخر (ET_0) مقدراً بـ (مم).

المساحة المرطبة: وتتعلق المساحة المرطبة بمجموعة من العوامل كنوع المحصول المزروع وتدفق النقاطة والتباعد بين النقاطات ونوع التربة وكمية الأمطار في المنطقة، وتراوح قيمة المساحة المرطبة (P) استناداً إلى التجارب المحلية والعالمية بين ($0.2m^2$) و ($1m^2$)، ويبين الجدول (4-8) المساحة المرطبة للترب الخفيفة والمتوسطة والثقيلة، وتدفق النقاطات المسموح بها والتباعد بين النقاطات والتباعد بين أنابيب التنقيط، إذ يتم حساب المساحة المرطبة على عمق ($0.3m$) من سطح التربة.

الجدول رقم (4–8) نسبة المساحة المروية وفق أنواع الترب وتوضع أنابيب السقاية

نسبة المساحة المروية وفق أنواع الترب وتوضع أنابيب السقاية (مقنن السقاية= 400م3/هـ)													
تصريف النقاطة، ل/سا	المسافة بين النقاطات، م	المسافة الفعالة بين أنابيب السقاية ، متر											
		0.8	**1.0**	**1.2**	**1.5**	**2.0**	**2.5**	**3.0**	**3.5**	**4.0**	**4.5**	**5.0**	**6.0**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		للأتربة الخفيفة											
1.5	**0.2**	38	33	25	20	15	12	10	9	8	7	6	5
2.0	**0.3**	50	40	33	26	20	16	12	11	10	9	8	7
4.0	**0.6**	100	80	67	53	40	32	30	26	23	18	16	14
8.0	**1.0**	100	100	100	80	60	48	48	40	34	26	24	20
12.0	**1.3**	100	100	100	100	80	64	64	53	46	36	32	27
		للأتربة المتوسطة											
1.5	**0.9**	88	70	58	47	35	28	23	20	18	16	14	12
2.0	**1.0**	100	80	67	53	40	32	26	23	20	18	16	14
4.0	**1.3**	100	100	100	80	60	48	40	34	26	26	24	20
8.0	**1.7**	100	100	100	100	80	64	64	53	46	36	32	27
12.0	**2.0**	100	100	100	100	100	100	80	67	57	44	40	34
		للأتربة الثقيلة											
1.5	**0.9**	100	100	92	72	55	40	37	31	28	24	22	18
2.0	**1.0**	100	100	100	80	60	48	48	40	34	26	24	20
4.0	**1.3**	100	100	100	100	80	64	64	53	46	36	32	27
8.0	**1.7**	100	100	100	100	100	80	67	67	57	44	40	34
12.0	**2.0**	100	100	100	100	100	100	80	68	60	53	48	40

جدول (**4–9**) تدفق أجهزة التنقيط وأعدادها في الهكتار بدلالة الاحتياج المائي

الاحتياج، مم/يوم	عدد النقاطات في الهكتار الواحد وتدفق النقاطة (ل/ساعة)				
	500	1000	1500	2000	5000
1.25	1.4	0.52	0.35	0.26	0.1
2.8	2.08	1.04	0.69	0.52	0.21
5.0	4.16	2.08	1.39	1.04	0.42
7.5	6.25	3.12	2.08	1.56	0.63
10	8.5	4.25	2.8	2.1	0.95

مقنن السقاية: نقوم بحساب مقنن السقاية الفعلي بالري بالتنقيط (m_d) استناداً إلى مقنن السقاية العملي (m_O) والمساحة المرطبة (P):

$$m_O = \frac{2}{3} \cdot 10000 \cdot H \cdot (\omega_O - \omega_{\min})$$

$$m_d = P \cdot m_O$$

$$m_d = P \cdot [\frac{2}{3} \cdot 10000 \cdot H(\omega_O - \omega_{\min})]$$

إذ:

(ω_O) – السعة الحقلية% .

($\omega_{\min}$) – السعة الدنيا% (قريبة من حد الذبول).

(H) – العمق الفعال لنمو الجذور (m) .

(m_O) – مقنن السقاية العملي(m^3 / hec or mm / m^2 or l / m^2) .

(P) – المساحة المرطبة (m^2) . انظر الجدول (4-8).

التباعد بين السقايات (T) :

$$T = \frac{m_d}{ET_d}$$

(m_d) – مقنن السقاية الفعلي (mm)،

(ET_d)– معدل التبخر أو الاحتياج اليومي (mm / day)،

(T) − تباعد السقايات (day) .

زمن السقاية (t) :

$$t = \frac{a \cdot m_d}{q}$$

$$a = S_d \cdot S_p$$

إذ:

(a) − المساحة المروية بالنقاطة الواحدة (m^2) .

(S_d)− المسافة بين النقاطات (m) .

(S_P)− المسافة بين أنابيب النقاطات (m) .

(m_d)− مقنن السقاية الفعلي بالري بالتنقيط (mm) .

(q) - تدفق النقاطة الواحدة (لتر/سا).

(t) − زمن السقاية (ساعة).

3-5-4. تصميم شبكات الري بالتنقيط وحسابها:

يتم حساب أقطار الأنابيب حسب الغزارات المارة فيها، وذلك من العلاقة:

$$Q = V \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$$

إذ: Q − الغزارة المارة في الأنبوب، ($m^3/\sec$) .

V− السرعة في الأنبوب، ($m/\sec$) .

من المفضل أن يتم اختيار السرعة في الأنابيب بحدود ($1-1.5...m/\sec$) .

أما حساب الفواقد الطولية في خطوط الشبكة يمكن حسابها من العلاقة :

$$\Delta H = j \cdot L$$

حيث:

ΔH – الفاقد الطولي في الأنبوب، (m).

j – الفاقد في المتر الطولي، (m).

L – طول الأنبوب، (m).

يمكن حساب الفاقد في المتر الطولي مباشرة من العلاقات الآتية:

$$j = 0.294 \cdot Q^{1.852} \cdot D^{-4.841}$$

$$j = \frac{\lambda}{D^5} \cdot \frac{16 \cdot Q^2}{2g \cdot \pi^2} = \frac{16\lambda}{2g \cdot \pi^2} \cdot \frac{Q^2}{D^5}$$

أو يمكن حسابه من جداول خاصة.

– **تصميم أنبوب السقاية:** الغزارة المارة في الأنبوب هي عبارة عن تصريف النقاطة الواحة مضروباً بعدد النقاطات للشجرة مضروباً بعدد الشجيرات على الخط. ونختار أنبوب السقاية على نحوٍ لا يتجاوز الفاقد الطولي على طول الخط (10%) من ضاغط تشغيل النقاطة؛ مع ملاحظة ضرب الفاقد على طول الخط بعامل تخفيض (0.35) بسبب توزيع المياه على طول الأنبوب؛ وذلك لأنَّ التصريف المار متناقص تدريجياً.

–**تصميم أنبوب التوزيع:** إنَّ التصريف الذي يمر في أنبوب التوزيع يساوي جداء تصريف أنبوب السقاية بعدد أنابيب السقاية. ويحسب القطر الداخلي من العلاقة:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$$

وبفرض السرعة $(V = 1.2....m/\sec)$ نحصل على القطر التقريبي الذي يساعد في الحصول على القطر المناسب والذي يتوافق مع الأقطار النظامية. ونحسب الفاقد الطولي في أنبوب التوزيع الذي يجب ألاَّ يتجاوز (10%) من ضاغط تشغيل النقاطة.

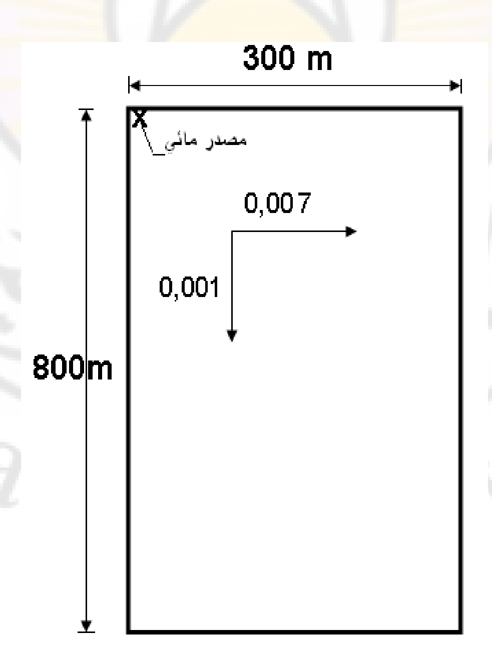
وقد افترضنا تقسيم الضياع المسموح به وهو (20%) من ضاغط تشغيل النقاطة مناصفةً بين أنبوب السقاية وأنبوب التوزيع، مع ملاحظة ضرب الفاقد على طول خط التوزيع بعامل تخفيض (0.35) .

–**تصميم الأنبوب الرئيسي**: تصريف الأنبوب الرئيسي يساوي تصريف أنبوب التوزيع إذا كان التشغيل لكل أنبوب سقاية بشكل مستقل. أما إذا كان التشغيل لعدة أنابيب سقاية معاً فيكون التصريف هو مجموع تصاريف أنابيب السقاية مجتمعة. في تصميم الأنبوب الرئيسي لا ندخل عامل التخفيض في حساب الفاقد، وذلك لأن التصريف ثابت إلى نهاية الخط.

مثال1:

لدينا قطعة الأرض المبينة $(800m \times 300m)$، مقنن السقاية $(m = 800...m^3/hec)$، سرعة التشرب في نهاية الساعة الأولى $(v_1 = 0.02...m/h)$ ، وقيمة α المتعلقة بنوع التربة ورطوبتها $(\alpha = 0.5)$. مدة السقاية $(t = 2day)$، وعدد ساعات العمل اليومي $(14.8...hour)$؛ الري بالشرائح ويمكن أن يصل عرض الشريحة $(40m)$ وطولها حتى $(500m)$، والمطلوب:

- تخطيط شبكة السقاية مع بيان اتجاه السقاية، واتجاه السواقي وعددها.
- زمن التشرب اللازم لمقنن السقاية.
- غزارة الشريحة، وعدد الشرائح العاملة.
- عدد السواقي، وعدد السواقي العاملة بآن واحد.
- اقتراح طريقة تنظيم عمل السواقي وأقنية التوزيع.



المناقشة والحل:

لدينا العلاقة:

$$\left[\bar{v} = \frac{v_1}{(1-\alpha)} \cdot \frac{1}{t^{\alpha}}\right] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث:

$\bar{v}$: سرعة التشرب الوسطية، m/h ،

t : زمن التشرب، $hour$ ،

v_1 : سرعة التشرب في نهاية الساعة الأولى m/h ،

ولدينا العلاقة:

$$\left[h = \bar{v} \cdot t\right] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

من العلاقتين (1) و(2) نجد:

$$\left[h = \frac{v_1}{1-\alpha} \cdot t^{1-\alpha}\right] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

ومِن ثَمَّ نجد أن زمن التشرب:

$$\left[t = \left(\frac{h}{v_1/(1-\alpha)}\right)^{1/1-\alpha}\right] \ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

بتعويض الآتي:

$$h = 800m^3 / hectare = 80mm = 0.08m$$

$$v_1 = 0.02 \ldots m/h,,,\alpha = 0.5$$

بالعلاقة (4) نجد أنَّ زمن تشرب مقنن السقاية يساوي:

$$t = \left[\frac{0.08}{0.02/1-0.5} \right]^{1/1-0.5}$$

$$t = 4....hours$$

حجم المياه المطلوب للشريحة = حجم المياه الذي يُقدَّم كغزارة

$$Q \cdot t = m \cdot l \cdot b$$

$$\frac{Q}{b} = \frac{m \cdot l}{t}$$

وإذ الغزارة النوعية (q) وهي الغزارة على واحدة الطول من عرض الشريحة: $q = \frac{Q}{b}$ أي

$Q = q \cdot b$ تصير العلاقة $\frac{Q}{b} = \frac{m \cdot l}{t}$ بالشكل الآتي:

$$q = \frac{m \cdot l}{t}$$

$$q = \frac{0.08 \times 400}{4 \times 3600} = 0.02...m^3 / \sec = 2...l / \sec$$

$$q = 2...l / \sec$$

بفرض عرض الشريحة: $(b = 15m)$ تكون غزارة الشريحة الواحدة (q_b):

$$q_b = q \times b = 15 \times 2 = 30...l / \sec$$

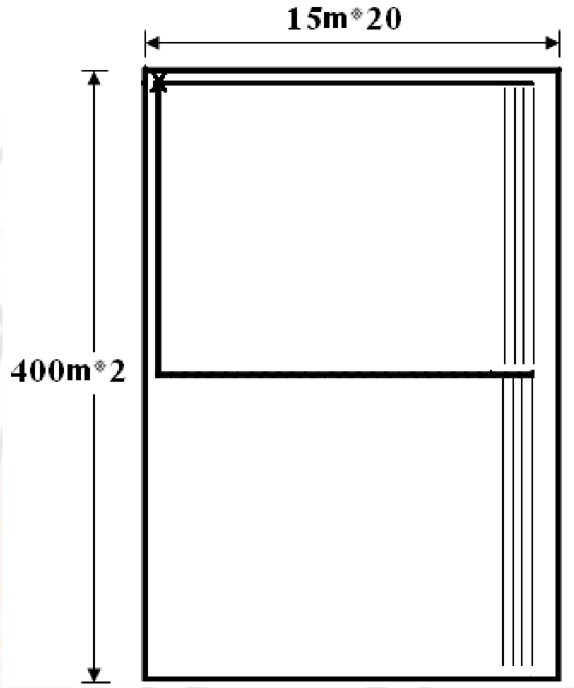
حجم المياه (V_ω) الواجب تقديمه خلال زمن السقاية (يومان) وعدد ساعات العمل اليومي $(15.5hour)$ ولكامل الحقل: $V_\omega = A \cdot m$، حيث:

m : المقنن المائي (m^3 / hec).

A : مساحة الحقل $(hectare)$.

ومِن ثَمَّ نجد:

$$V_\omega = \frac{300 \times 800}{10000} \times 800 = 19200.......m^3$$



ومِن ثَمَّ تكون الغزارة الواجب تقديمها تساوي حجم المياه الواجب تقديمه مقسوماً على الزمن الذي من خلاله يتم تقديم المياه، أي: $Q=\frac{V_\omega}{t}$

حيث:

$V\omega$: حجم المياه المقدم (m^3).

t: الزمن بالثانية.

$$Q=\frac{19200}{2\times14.8\times3600}=0.18...m^3/\sec$$

إذا قسمنا قطعة الأرض المعطاة إلى حقلين (400×300)، يكون لدينا ساقيتان متفرعتان عن قناة التوزيع في قطعة الأرض، وسوف يتم الري من السواقي بآن واحد، ومِن ثَمَّ:

الغزارة المارة من ساقية واحدة: $Q_1=\frac{Q}{2}=\frac{180l/\sec}{2}=90l/\sec$

بفرض عرض الشريحة كما تقدم $(b=15m)$ يكون عدد الشرائح على الساقية الواحدة ذات الطول $(B=300m)$:

$$N_1 = \frac{B}{b} = \frac{300}{15} = 20$$

ويكون عدد الشرائح الكامل لقطعة الأرض:

$$N_{tot} = 20 \times 2 = 40$$

ويكون عدد الشرائح العاملة على كامل الأرض:

$$N_2 = \frac{Q}{q_b} = \frac{180}{30} = 6$$

وعلى كل ساقية يكون عدد الشرائح العاملة (N_3):

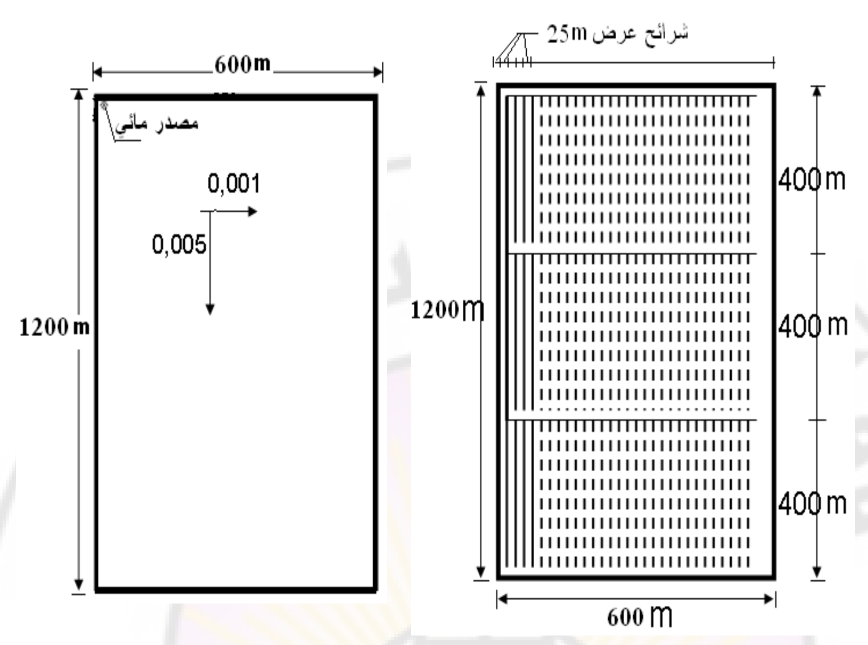
$$N_3 = \frac{N_2}{2} = \frac{6}{2} = 3$$

مثال2:

لدينا قطعة الأرض المبينة $(1200m \times 600m)$، مقنن السقاية $(m = 700...m^3/hec)$، سرعة التشرب في نهاية الساعة الأولى $(v_1 = 0.018...m/h)$، وقيمة α المتعلقة بنوع التربة ورطوبتها $(\alpha = 0.5)$.

الري بالشرائح، ويمكن أن يصل عرض الشريحة $(40m)$، وطولها حتى $(500m)$، تتوضع الشرائح بميل $(0.008-0.002)$ والمطلوب:

- تخطيط شبكة السقاية مع بيان اتجاه السقاية، واتجاه السواقي وعددها.
- زمن التشرب اللازم لمقنن السقاية.
- غزارة الشريحة، وعدد الشرائح العاملة.
- عدد السواقي، وعدد السواقي العاملة بآن واحد.
- اقتراح طريقة تنظيم عمل السواقي وأقنية التوزيع.



المناقشة والحل:

لدينا العلاقة:

$$\left[\bar{v} = \frac{v_1}{(1-\alpha)} \cdot \frac{1}{t^{\alpha}}\right] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث:

$\bar{v}$: سرعة التشرب الوسطية، m/h .

t : زمن التشرب، $hour$.

v_1 : سرعة التشرب في نهاية الساعة الأولى m/h .

ولدينا العلاقة:

$$\left[h = \bar{v} \cdot t\right] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

من العلاقتين (1) و(2) نجد:

$$\left[h = \frac{v_1}{1-\alpha} \cdot t^{1-\alpha}\right] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

ومِن ثَمَّ نجد أن زمن التشرب:

$$\left[t = \left(\frac{h}{v_1/(1-\alpha)}\right)^{1/1-\alpha} \right] ....(4)$$

بتعويض الآتي:

$$h = m = 700...m^3/hec = 70mm = 0.07m,,, v_1 = 0.018...m/h,,, \alpha = 0.5$$

بالعلاقة (4) نجد أنَّ زمن تشرب مقنن السقاية يساوي:

$$t = \left(\frac{0.07}{0.018/(1-0.5)}\right)^{1/1-0.5}$$

$$t = 3.78....hour$$

حجم المياه المطلوب للشريحة = حجم المياه الذي يُقدَّم كغزارة

$$Q \cdot t = m \cdot l \cdot b$$

$$\frac{Q}{b} = \frac{m \cdot l}{t}$$

وحيث الغزارة النوعية (q) وهي الغزارة على واحدة الطول من عرض الشريحة: $q = \frac{Q}{b}$

أي $Q = q \cdot b$ تصير العلاقة $\frac{Q}{b} = \frac{m \cdot l}{t}$ بالشكل الآتي:

$$q = \frac{m \cdot l}{t}$$

$$q = \frac{0.07 \times 400}{3.78 \times 3600} = 0.02...m^3/\sec = 2...l/\sec$$

$$q = 2...l/\sec$$

بفرض عرض الشريحة : $(b = 25m)$ تكون غزارة الشريحة الواحدة (q_b):

$$q_b = q \times b = 25 \times 2 = 50...l/\sec$$

حجم المياه (V_ω) الواجب تقديمه خلال زمن السقاية (يومان) وعدد ساعات عمل يومي $(15.5hour)$ ولكامل الحقل: $V_\omega = A \cdot m$،

حيث:

m : المقنن المائي (m^3/hec)،

A : مساحة الحقل $(hectare)$،

ومِن ثَمَّ نجد:

$$V_\omega = \frac{600 \times 1200}{10000} \times 700 = 50400..m^3$$

ومِن ثَمَّ تكون الغزارة الواجب تقديمها تساوي حجم المياه الواجب تقديمه مقسوماً على الزمن الذي من خلاله يتم تقديم المياه أي: $Q = \frac{V_\omega}{t}$

حيث:

$V\omega$: حجم المياه المقدم (m^3).

t : الزمن بالثانية.

$$Q = \frac{50400}{2 \times 15.5 \times 3600} = 0.450...m^3/\sec$$

إذا قسمنا قطعة الأرض المعطاة إلى ثلاث حقول مصغرة (400×600)، يكون لدينا ثلاث سَوَاقٍ متفرعة عن قناة التوزيع في قطعة الأرض، وسوف يتم الري من السواقي الثلاث بآن واحد، ومِن ثَمَّ:

الغزارة المارة من ساقية واحدة: $Q_1 = \frac{Q}{3} = \frac{450l/\sec}{3} = 150l/\sec$

بفرض عرض الشريحة كما تقدم $(b25m)$ يكون عدد الشرائح على الساقية الواحدة ذات الطول $(B=600m)$: $N_1=\frac{B}{b}=\frac{600}{25}=24$

ويكون عدد الشرائح الكامل لقطعة الأرض: $24\times3=72$

ويكون عدد الشرائح العاملة على كامل الأرض: $N_2=\frac{Q}{q_b}=\frac{450}{50}=9$

وعلى كل ساقية يكون عدد الشرائح العاملة (N_3) : $N_3=\frac{N_2}{3}=\frac{9}{3}=3$

مثال3:

– لدينا قطعة الأرض المبينة $(900x2000\ m^2)$:

طول الشرائح أو الخطوط لا تقل عن (150 m).

المعامل المائي q= (1) l/sec/hec.

عرض مقسم الري بشبكة سقاية مكشوفة (500 m).

عرض المقسم بشبكة سقاية أنبوبية (250 m).

سرعة الجريان في الأنابيب (v=1.2-1.5 m/s).

$\lambda=0.02$.

الميل بالاتجاه القصير (0.006) هبوطاً من المصدر المائي.

الميل بالاتجاه الكبير (0.015) هبوطاً من المصدر المائي.

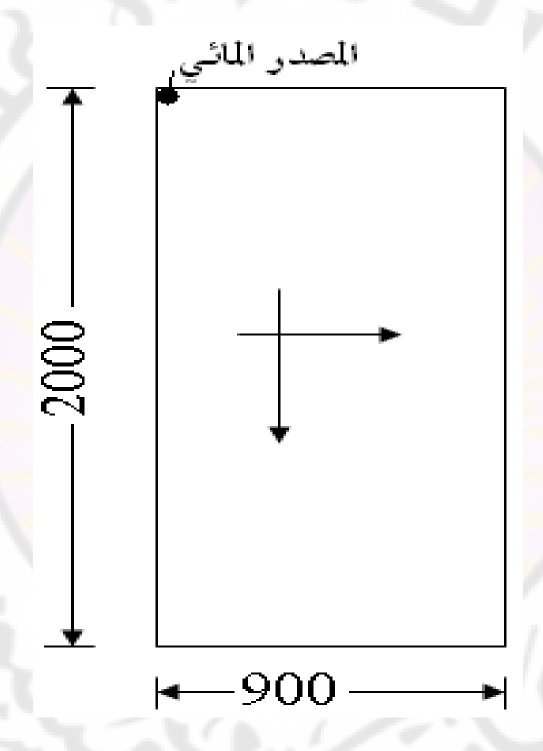
قطر أنبوب السقاية (0.15 m).

والمطلوب بفرض أنَّ القناة الرئيسة أنبوبية:

- التخطيط العام لمنظومة الري.
- دراسة إمكانية استخدام الأنابيب في السقاية.
- الضاغط على فتحات أنبوب السقاية.

- الضاغط الواجب توفره في أنبوب المقسم على أنبوب السقاية الأول.
- الضاغط الواجب توفره في أنبوب المقسم على أنبوب السقاية الأخير.
- الضاغط الأصغري لأنبوب القناة الرئيسة لإمكانية عمل أنابيب المقاسم.

ناقش جميع الحلول التي تراها مناسبة مدعماً الإجابة بالرسم الواضح. .



الحل والمناقشة:

طول الشريحة (150 m) ، ميل الشريحة يساوي ميل الأرض المساير لعرض قطعة الأرض أي (0.007).

وحيث إنَّ القناة الرئيسية أنبوبية ؛ يمكن أن نستخدم أنابيب مقاسم للسقاية بدلاً من أقنية المقاسم المكشوفة في حال توفر الضاغط اللازم لها.

إذا قسَّمنا الأرض (باتجاه الطول) بشكل مبدئي إلى أربعة قطاعات بعرض (500 m) مع اتجاه القناة الرئيسية وبطول (900 m) أي عرض قطعة الأرض البالغ (900 m)..

نستطيع القول منذ البداية إنَّ القطاع الأول يتم ريُّه من قناة مقسم مكشوفة لعدم توفر الضاغط اللازم والذي يتبين من طبوغرافية الأرض أو الموقع.

ويمكن أن يظهر ضاغط المكان في النقطة (B) على بُعد (500 m) من المصدر بشكل تقريبي من فرق المنسوب، ولكن يجب دراسة ذلك بشكل دقيق.

نبدأ بدراسة الضواغط اللازمة في بداية أنابيب السقاية في حال استخدامها والتي سوف تكون مُمدَّدة باتجاه الميل الأعظم (0.015).

الغزارة التي سوف يمررها أنبوب السقاية، وهي الغزارة التي يمررها أنبوب المقسم:

$$Q_{P1} = A_1 \times q_c$$

حيث:

Q_{P1} – الغزارة التي يمررها أنبوب السقاية، وهي الغزارة التي يمررها أنبوب المقسم؛ *(l/sec)*

A_1 – مساحة القطاع الذي يُشرف عليه أنبوب المقسم أو القطاع (250*900)؛ بـ *(hectar)*

q_c – المعامل المائي؛ *(l/s/hec)*.

$$Q_{P1} = (900 \times 250 \times 1/10000) = 22.5........l/\sec$$

ملاحظة: سوف يتم تحديد قطر أنبوب السقاية بشكل تقريبي ، وذلك لحساب الضاغط على الفتحة. أي لن نقوم بتخفيض الغزارة إلى الغزارة الحسابية والتي تساوي ($0.55Q_{P1}$) ؛ وهذا لصالح الأمان.

$$Q = \upsilon \times A \Rightarrow Q = \upsilon \times \frac{\pi \times D^2}{4} \Rightarrow D^2 = \frac{4 \times Q}{\upsilon \times \pi} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\upsilon \times \pi}}$$

وبفرض (v= 1.2 m/sec) و(Q=22.5 l/sec) نجد: (D = 0.155 m).

نعتمد قطر أنبوب السقاية (D= 150 mm) ومِن ثَمَّ تكون السرعة الجديدة (v=1.27 m/sec).

الضاغط الواجب توفره في بداية أنبوب السقاية (الضاغط اللازم لتشغيل أنبوب السقاية أو الضاغط على فتحات أنبوب السقاية).

$$H_P = 2.5D + 0.15$$

نجد أنَّ: $(H_P = 0.525....m)$

لا يهمنا الضياع على طول أنبوب السقاية، لأنَّ الميل الطبيعي يُغطي الفواقد؛ أي يلزم فقط الضاغط اللازم على الفتحة في بداية أنبوب السقاية. إذ إِنَّ الضياع يتم حسابه من العلاقة:

$$H_f = 1.1(\lambda \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g})$$

إذ إِنَّ الضياع على طول ($L = 1..m$)، وبفرض ($v = 1.27..m/\sec$)؛ ($D = 0.15..m$)؛ ($\lambda = 0.02$)؛ يساوي $(0.012m)$ وهو أقل من الميل أي إِنَّ الوضع مقبول بشكل مبدئي.

هنا يجب مناقشة الضاغط في أنبوب المقسم أو القطاع، والذي يُغذي أنابيب السقاية ، فهو يمتد بميل الأرض (0.007) مع البعد $(900m)$.

- الضاغط الواجب توفره في بداية أنبوب المقسم فيما لو كان أنبوب السقاية هو الأول: هو الضاغط اللازم لتشغيل أنبوب السقاية وهو $(H_P = 0.525....m)$.
- الضاغط الواجب توفره في بداية أنبوب المقسم لتأمين الضاغط على أنبوب السقاية الأخير، ويحسب كما يأتي:

$$H_B = 1.1(\lambda \frac{L_2}{D} \times \frac{V^2}{2g}) + H_P \pm \Delta H$$

حيث:

L_2 – طول أنبوب المقسم.

ΔH – فرق المنسوب الطبوغرافي ويأخذ القيمة السالبة في حال الهبوط، والإشارة الموجبة في حال الصعود.

ومِن ثَمَّ نجد:

$$H_B = (0.02 \times \frac{900}{0.15} \times \frac{(1.27)^2}{2g}) + 0.525 - (0.007 \times 900) = 5.07m$$

- بذلك يكون الضاغط في بداية أنبوب المقسم لتأمين الضاغط على آخر أنبوب سقاية: $H_B = 5.07m$
- يجب أن يكون الضاغط في أي نقطة على أنبوب القناة المتقدمة أكبر من ($H_B = 5.07m$).

الغزارة في الأنبوب المتقدم عند النقطة (B)؛ أي إنَّ الغزارة المارة من (A) إلى (B) هي:

$$Q_{AB} = \frac{900 \times 1500}{1000} \times 1 = 135...l/\sec$$

$$Q = \upsilon \times A \Rightarrow Q = \upsilon \times \frac{\pi \times D^2}{4} \Rightarrow D^2 = \frac{4 \times Q}{\upsilon \times \pi} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\upsilon \times \pi}}$$

ومِن ثَمَّ:

$$D_{AB} = \sqrt{\frac{4 \times 135 \times 10^{-3}}{1.2 \times 3.14}} = 0.379m$$

نعتمد القطر $(350mm)$ في حال توفره، وعندها تكون السرعة $(V = 1.4m/\sec)$

فيكون الضياع من (A) إلى (B):

$$H_{AB} = 1.1(0.02 \times \frac{500}{035} \times \frac{(1.4)^2}{2g}) = 3.139m$$

ومِن ثَمَّ يكون الضياع عند النقطة (B) على الأنبوب المتقدم:

$$H_B = \Delta H_{AB} - H_{AB}$$

$$H_B = (500 \times 0.015) - 3.139 = 4.36m < 5.07m$$

وهذا يعني أنه لا يمكن استخدام أنبوب مقسم على القطاع (2) ابتداء من (B) ونختار عند التفرع (B) قناة مكشوفة تشرف على $(500m)$ من طول الأرض وتكون طول الساقية $(500m)$.

الغزارة المارة في الأنبوب المتقدم حتى النقطة (C) :

$$Q = A \times q$$

حيث: (q) – المعامل المائي مقدراً بـ $(l/\sec/hec)$.

(A) – مساحة الأرض التي يشرف عليها الأنبوب مقدرةً بـ $(hectare)$.

$$Q = \frac{900 \times 1000}{10000} \times 1 = 90....l/\sec.....or....0.090...m^3/\sec$$

بالتصميم نجد أنَّ:

$$d = 0.3m \Rightarrow v = 1.27...m/\sec$$

ومِن ثَمَّ يكون الضياع على الأنبوب المتقدم من (B) إلى (C) :

$$H_{BC} = 1.1(0.02 \frac{500}{0.3} \times \frac{1.27^2}{2g}) = 3.01m$$

فيكون الضاغط في النقطة (C) على الأنبوب المتقدم مساوياً إلى فرق المنسوب بين (A) و (C) مطروحاً منه الضياع الطولي من (A) إلى (C):

$$H_C = \Delta H_{AC} - (H_{AB} + H_{BC})$$

$$H_C = (1000 \times 0.015) - (3.129 + 3.01)$$

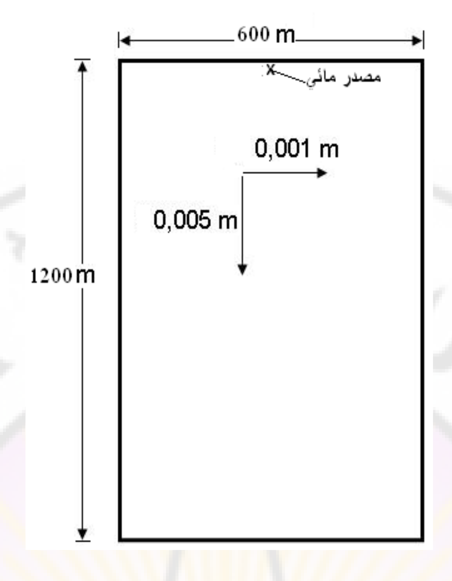
$$H_C = 8.851m > 5.07m$$

إذاً ابتداءً من النقطة (C) نستخدم أنابيب مقاسم. ونختار أنابيب سقاية بطول $(250m)$ وعلى كل أنبوب مقسم نختار (6) أنابيب سقاية بتباعد $(150m)$ وهو طول الشريحة أو الخط.

مثال4:

لدينا قطعة الأرض المبينة $(1200m \times 600m)$ ،مقنن السقاية $(m = 700...m^3/hec)$ ، والمطلوب دراسة شبكة الري باستخدام آلية المحور المركزي. و المطلوب :

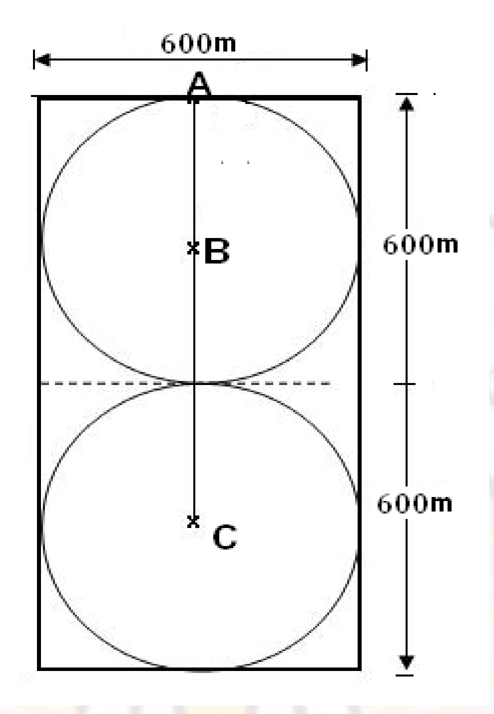
- احسب الغزارة اللازمة للآلية في حال الري لمدة يومين وفي الحالتين: العمل مستمر خلال $(24hour)$ يومياً و حالة العمل $(15.5hour)$ في اليوم،
- احسب أقطار أنابيب الشبكة التي تغذي الآليات مع فرض السرعة بحدود $(1.2m/\sec)$.



الحل والمناقشة:

باستخدام آلية المحور المركزي نستطيع أن نختار آلية محور مركزي بقطر ($600m$) ومقنن السقاية والسقاية مستمرة خلال يومين وحالة العمل ($24hour$) في اليوم.

تكون غزارة الآلية في حالة العمل اليومي ($24hour$) خلال يومين:



$$Q=\frac{V_{\omega}}{t}=\frac{A\times m}{t}=\frac{(3.14\times d^{2}/4)\times 10^{-4}\times 700}{2\times 24\times 3600}=114l/\sec=0.114m^{3}/\sec$$

أما في حالة العمل اليومي $(15.5hour)$:

$$Q=\frac{V_{\omega}}{t}=\frac{A\times m}{t}=\frac{(3.14\times d^{2}/4)\times 10^{-4}\times 700}{2\times 15.5\times 3600}=176.5l/\sec=0.1765m^{3}/\sec$$

فيتم تصميم أنبوب السقاية الذي يغذي الآلية على غزارة تكفي لري المربع $(600m\times 600m)$ الذي يتضمن دائرة ري الآلية، وذلك إذا تم الأخذ بالاعتبار ري كامل المساحة المربعة ومن ثمَّ غزارة أنبوب السقاية هي :

$$Q=\frac{V_{\omega}}{t}=\frac{A\times m}{t}=\frac{(600\times 600)\times 10^{-4}\times 700}{2\times 24\times 3600}=145l/\sec=0.145m^{3}/\sec$$

تصميم أنبوب التغذية (AB) :

- السرعة: $v=1.2m/\sec$
- الغزارة: $Q=0.145m^{3}/\sec$

وحيث إنَّ $(Q = A \times v)$ نجد الآتي:

$$Q = A \times v = (\pi \times d^2 / 4) \times v$$

$$d^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times v} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.145}{\pi \times 1.2}}$$

$$d = 0.39m = 390mm$$

نختار القطر على نحوٍ يكون أقرب للقطر النظامي المتوفر.

تصميم الأنبوب الرئيسي الذي يغذي الآليتين (BC) :

أي إنَّ الغزارة هي $(Q = 0.145 \times 2 = 0.29m^3 / \sec)$

$$Q = A \times v = (\pi \times d^2 / 4) \times v$$

$$d^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times v} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.145 \times 2}{\pi \times 1.2}}$$

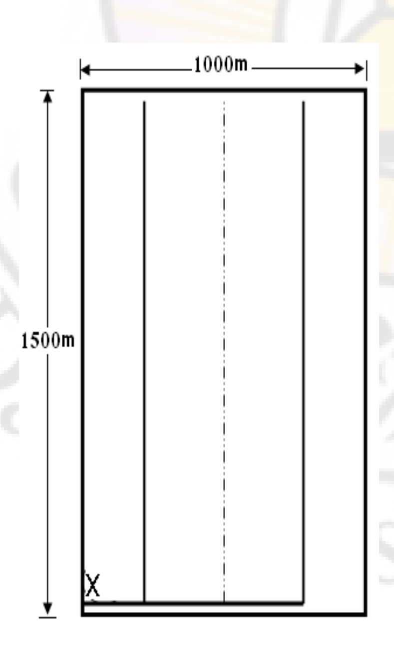
$$d = 0.555m = 555mm$$

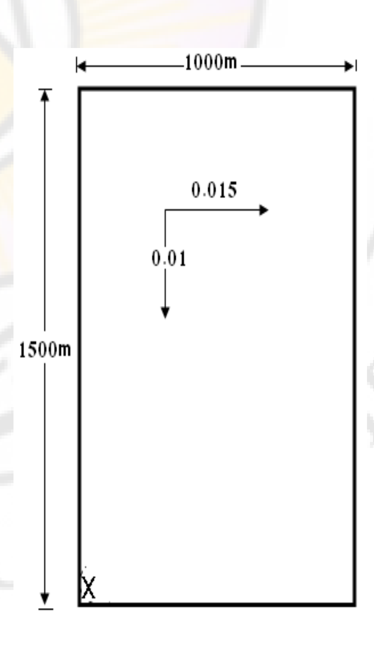
مثال5:

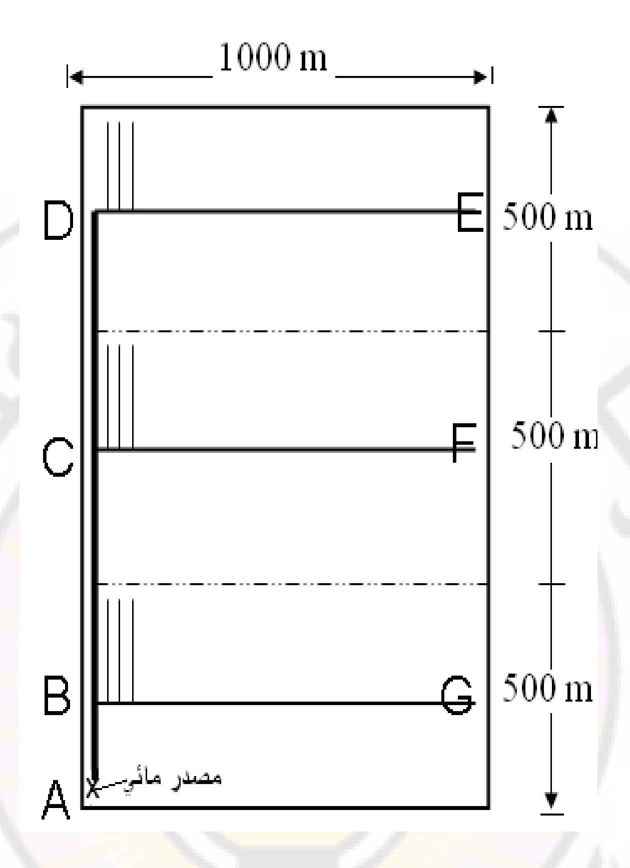
المطلوب ري قطعة الأرض $(1000m \times 1500m)$ المبينة وفق ما يأتي:

- استعمال مدفع رشاش مسحوب ذاتياً على أنبوب التغذية وغزارته $(Q = 25l/\sec)$ وطول خرطوم الآلية $(l = 215m)$، وعرض الشريحة المروية الفعالة $(b = 70m)$، والضاغط على المأخذ المائي $(H = 80m)$.
- استعمال أجنحة تمطير متنقلة ومرشات متوسطة المدى، وتصريف الجناح الواحد $(Q_{lin} = 25l/\sec)$، وطول الجناح $(l_{lin} = 230m)$، يمكن استخدام مرشات $(36m \times 36m)$، تصريف المرش الواحد $(q_{spr} = 4.16l/\sec)$.

المعامل المائي $(q^* = 1.5l/\sec/hec)$، و $(\lambda = 0.022)$، مردود الشبكة $(\eta_{set} = 0.95)$.







الحل والمناقشة:

طول الخرطوم: $(l = 215m)$

عرض الشريحة الفعَّال: $(b = 70m)$

طول الشريحة المروية: $L_b = 215 + \frac{70}{2} = 250m$

فرق المنسوب على الطول: $\Delta Z_{1500m} = 1500 \times 0.01 = 15m$

فرق المنسوب على العرض: $\Delta Z_{1000m} = 1000 \times 0.015 = 15m$

الغزارة الواجب تقديمها عند المأخذ المائي: $Q_{tot} = A_{tot} \times q *$

$$Q_{tot} = 1000 \times 1500 \times 10^{-4} \times 1.5 = 225 l/\sec$$

عدد الآليات أو الأجنحة العاملة بآن واحد : $N_{tot} = \frac{Q_{tot}}{q_{lin}} = \frac{225}{25} = 9$

يمكن تخطيط الشبكة على الشكلين أو وفق الحلين الأول أو الثاني، من الواضح أنَّ اختيار الحل الثاني هو الأفضل. أي يُفضل أن يكون عدد أنابيب التوزيع ثلاثة بدلاً من اثنين؛ ومِن ثَمَّ يمكن أن يعمل على كل خط ثلاث آليات أو ثلاثة أجنحة.

عدد الآليات على كل خط من الخطوط الثلاثة يساوي عدد الآليات العاملة بآن واحد $(N_{tot} = 9)$ مقسوماً على عدد خطوط التوزيع العاملة بآن واحد $(N_{lin} = 3)$ أي

$$n_{lin} = \frac{N_{tot}}{N_{lin}} = \frac{9}{3} = 3$$

تصريف الخط الواحد الصافي: $[(225/3) = 75 l/\sec]$

والتصريف مع فرض أنَّ المردود $(\eta_{set} = 0.95)$ يساوي $(Q_{lin} = \frac{75}{0.95} = 79 l/\sec)$

تصميم الخط الرئيسي:

الجزء (CD) :

$$Q_{CD} = \frac{75}{0.95} = 79 l/\sec$$

بفرض السرعة $(v = 1.2 m/\sec)$

$$Q = v \times A = v \times \frac{\pi \times d^2}{4} \Rightarrow d^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times v} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

$$d_{CD} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{CD}}{\pi \times v_{CD}}} = \sqrt{\frac{4 \times 79 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.2}} = 0.290 m = 290 mm$$

يتم تقريب القطر إلى أقرب قطر نظامي وقد نعتبر بشكل أولي القطر النظامي $d_{CD} = 300 mm$ ثم نحسب السرعة الجديدة

$$Q = v \times A \Rightarrow Q = v \times \frac{\pi \times d^2}{4} \Rightarrow v = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2}$$

$$v_{CD}=\frac{4\times Q}{\pi\times d^2}\Rightarrow v_{CD}=\frac{4\times Q}{\pi\times d_{CD}^2}=\frac{4\times 79\times 10^{-3}}{\pi\times(0.3)^2}=1.274m/\sec$$

تصميم الجزء (BC) :

$$Q_{BC}=\frac{75\times 2}{0.95}=158l/\sec=0.158m/\sec$$

وبفرض السرعة $(v=1.2m/\sec)$:

$$d_{BC}=\sqrt{\frac{4\times Q_{BC}}{\pi\times v_{BC}}}=\sqrt{\frac{4\times 158\times 10^{-3}}{\pi\times 1.2}}=.0.400m=400mm$$

تصميم الجزء (AB) :

$$Q_{AB}=\frac{75\times 3}{0.95}=237l/\sec=0.237m/\sec$$

وبفرض السرعة $(v=1.2m/\sec)$:

$$d_{AB}=\sqrt{\frac{4\times Q_{AB}}{\pi\times v_{AB}}}=\sqrt{\frac{4\times 237\times 10^{-3}}{\pi\times 1.2}}=.0.500m=500mm$$

حساب الضاغط:

$$H_D=H^*+1.1(\lambda\times\frac{L_{DE}}{d_{DE}}\times\frac{v^2}{2g})-\Delta Z_{DE}$$

$$H_D=70+1.1(0.022\times\frac{1000-35}{0.3}\times\frac{1.2^2}{2\times 9.81})-(1000-35)\times 0.01$$

$$H_D=60m$$

$$H_C=H_D+1.1(0.022\times\frac{L_{CD}}{d_{CD}}\times\frac{v^2}{2g})+\Delta Z_{CD}$$

$$H_C = H_D + 1.1(0.022 \times \frac{500}{0.3} \times \frac{1.2^2}{2g}) + 500 \times 0.01$$

$H_C = 69m$

$$H_B = H_C + 1.1(0.022 \times \frac{500}{0.4} \times \frac{1.2^2}{2g}) + 500 \times 0.01$$

$H_B = 76.4m$

$$H_A = H_B + 1.1(0.022 \times \frac{250}{0.5} \times \frac{1.2^2}{2g}) + 250 \times 0.01$$

$H_A = 80.3m$

للأجنحة المتنقلة نستخدم أنابيب التوزيع الرئيسية نفسها، وعلى كل خط توزيع ثلاثة أجنحة عاملة بآن واحد. ونستخدم مرش متوسط المدى $(36m \times 36m)$ ، أي إنَّ التباعد بين المرشات $(36m)$ على جناح التمطير، وكل جناح يحمل (7) مرشات ، وغزارة المرش الواحد: $(q^* = \frac{25}{0.95 \times 7} = 3.76m^3/\sec)$

تصميم جناح التمطير:

الغزارة المارة في جناح التمطير $Q_{lin} = \frac{25}{0.95} = 26.32m^3/\sec$

يتم تصميم جناح التمطير عل غزارة تصميمية $Q^* = 0.55 \times Q_{lin}$

$$Q = v \times A = v \times \frac{\pi \times d^2}{4} \Rightarrow d^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times v} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

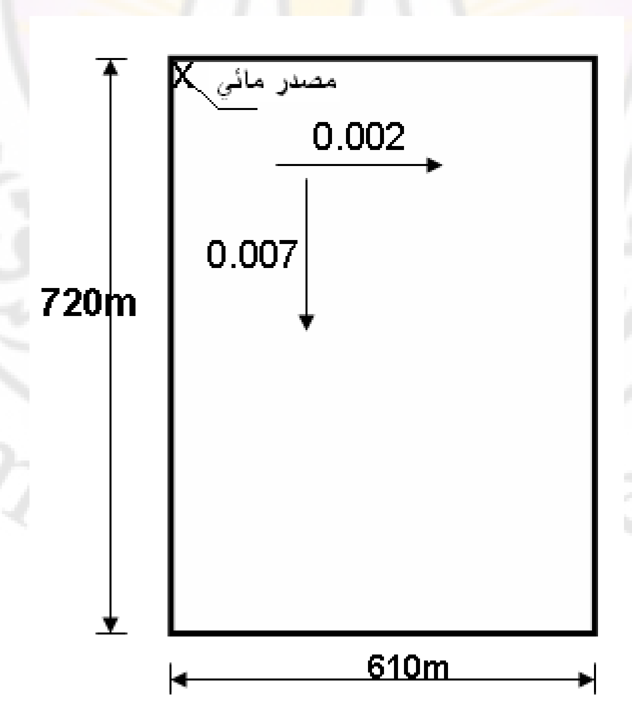
$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q^*}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.0263}{\pi \times 1.2}} = 0.167m = 167mm$$

نقرب إلى أقرب قطر نظامي وقد يكون $(d = 150mm)$.

مثال6:

أرض زراعية مساحتها $(43.2 hectare)$ والأبعاد $(720m \times 600m)$ كما هو مبين بالشكل، يتم ريها بالرش ومدة السقاية $(8 day)$ والعمل اليومي $(15 hour)$، ويتم الري بالرش بمرشات بالمواصفات الآتية: - المساحة التي يرويها المرش الواحد $(s_1 \times s_2 = 30m \times 30m)$ مع الأخذ بالاعتبار التداخل في عملية الرش محققة، واختيار الشكل المربع لتوضع المرشات بالاتجاهين؛ - تصريف المرش $(q_{spr} = 10.8 m^3 / h)$، مع العلم أنَّ مقنن السقاية $(m = 600 m^3 / hec)$ والمطلوب:

- عدد المرشات العاملة بآن واحد.
- مدة وقوف المرشات بالوضع الواحد لإعطاء المقنن المائي.
- ضاغط المضخة اللازمة.



الحل والمناقشة:

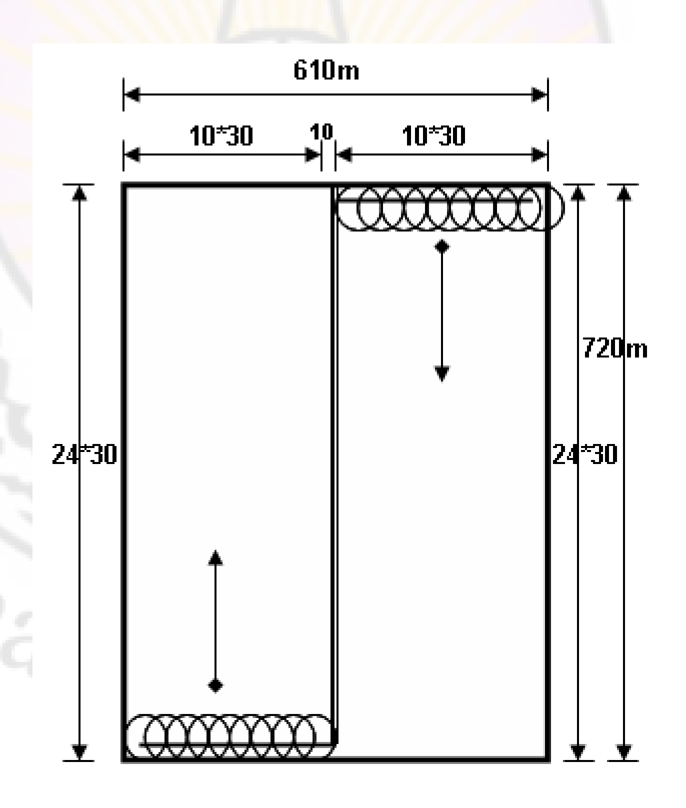
حجم المياه الواجب تقديمه لقطعة الأرض كاملة يساوي مساحة الأرض مقدرةً بـ$(hectare)$ مضروبةً بالمقنن المائي مقدراً بـ(m^3/hec) أي:

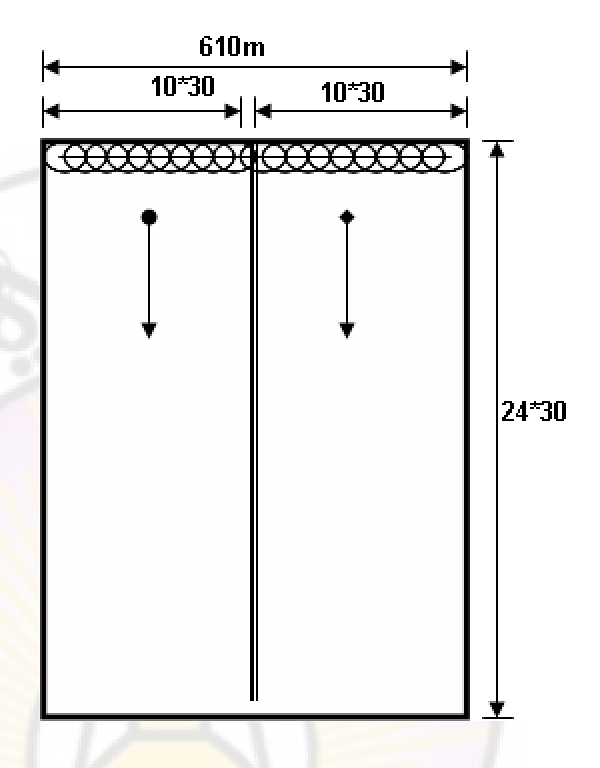
$$V_\omega = A \times m = 43.2 \times 600 = 25920 m^3$$

ومِن ثَمَّ الغزارة الواجب تقديمها:

$$Q = \frac{V_\omega}{t} = \frac{43.2 \times 600}{15 \times 8} = \frac{25920}{120} = 216 m^3/h = 60 l/\sec$$

عدد المرشات العاملة بآن واحد، ويساوي إلى الغزارة الكلية (Q_{tot}) مقسومةً على غزارة المرش الواحد (q_{spr}) أي:





$$N_{spr} = \frac{Q_{tot}}{q_{spr}} = \frac{216}{10.8} = 20...sprinklers$$

المساحة التي يرويها $(20sprinklers)$ من وضعية واحدة:

$$a_{(20spr)} = a_{(1spr)} \times 20 = (30 \times 30) \times 20 = 18000m^2 = 1.8hec$$

عدد مرات نقل المرشات أو الخطوط الحاملة للمرشات (أجنحة التمطير) إذ إنها تساوي المساحة الكلية لقطعة الأرض مقسومةً على المساحة التي ترويها المرشات من وضعية واحدة، أي:

$$N_{mov} = \frac{A_{tot}}{a_{(20spr)}} = \frac{720 \times 600}{18000} = \frac{43.2hec}{1.8hec} = 24$$

كثافة تمطير المرش وتساوي بشكل عام إلى تصريف المرش الواحد مقسوماً على المساحة المحققة التي يرويها المرش بعد أخذ التداخل بعين الاعتبار أي :

$$R_{spr} = \frac{q_{spr}}{a_{spr}} = 0.012 m/hour = 12 mm/hour$$

زمن وقوف جناح التمطير أو خط المرشات لإعطاء المقنن المائي مقدراً بـ $(hour)$
ويساوي مقنن السقاية مقدراً كسماكة مائية بـ (mm) مقسوماً على كثافة الرش مقدراً بـ (mm/h) وكفاءة الرش أو المردود (η_{spr}) الذي يراوح بحدود $(0.9-1)$، وإذ لم يُذكر في المعطيات يعتبر مساوياً للواحد أي:

$$t = \frac{m_{irr}}{R_{spr}} = \frac{60}{12} = 5 hour$$

تصميم الخط الرئيسي يتم بإحدى الحالتين الآتيتين وذلك حسب طريقة عمل الجناحين:

- إذا كان الجناحان يعملان بشكل متقابل وكل جناح على أحد طرفي الخط الرئيسي كما هو موضح بالشكل.
- الجناحان يعملان على جانبي الخط الرئيسي على الخط نفسه.

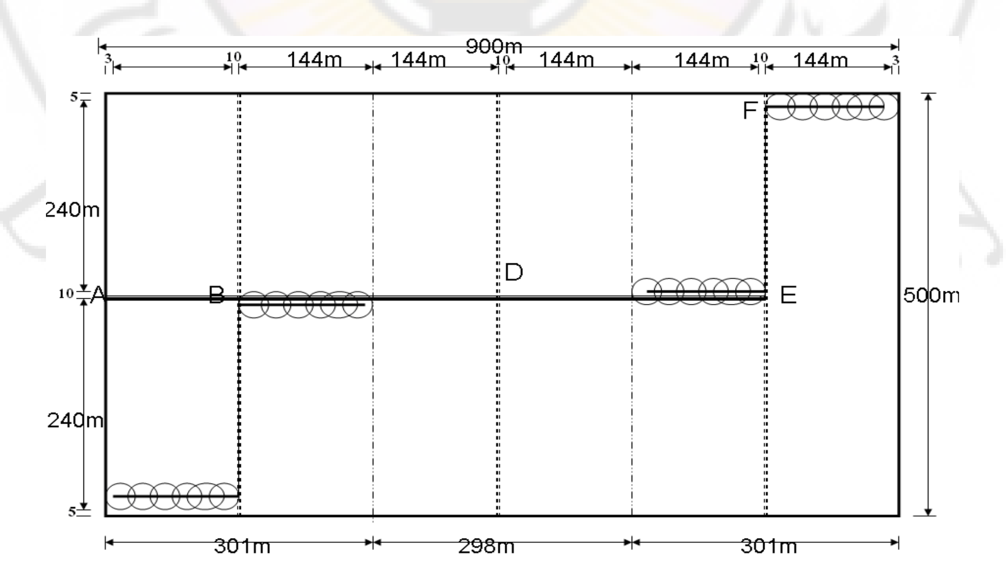
تصميم جناح التمطير ويتم على أساس الغزارة الحسابية: $Q^* = 0.55 \times Q_{tot}$
إذ نحسب القطر الوسطي باستخدام الغزارة الحسابية وسرعة جريان في الأنبوب $(1-1.2 m/\sec)$ ويتم تقريب القطر لأقرب قطر نظامي للأنابيب، وثم نحسب السرعة الجديدة الموافقة للقطر الجديد، ونستخدم هذه السرعة في حساب الضياعات الطولية في جناح التمطير.

ويتم حساب الضاغط المطلوب لأبعد وضع لجناح التمطير ولأسوأ وضعية له.

مثال7:

أرض زراعية مساحتها $(45..hectare)$ والأبعاد $(500m\times 900m)$ كما هو مبين بالشكل، يتم ريها بالرش ومدة السقاية $(15..day)$ والعمل اليومي $(20..hour)$، ويتم الري بالرش بمرشات بالمواصفات الآتية: - المساحة التي يرويها المرش الواحد $(s_1\times s_2=24m\times 24m)$ مع الأخذ بالاعتبار التداخل في عملية الرش محققة، واختيار الشكل المربع لتوضع المرشات بالاتجاهين؛ - تصريف المرش $(q_{spr}=3.77..m^3/h)$، مع العلم أنَّ مقنن السقاية $(m=600...m^3/hec)$، وضاغط المرش $(H_{spr}=35m)$، وكثافة التمطير $(6.55..mm/hour)$ والمطلوب:

- عدد المرشات العاملة بآن واحد.
- طريقة عمل خطوط المرشات.
- التحقق من عدد أيام السقاية.
- مدة وقوف المرشات بالوضع الواحد لإعطاء المقنن المائي.
- ضاغط المضخة اللازمة.



الفصل الخامس

شبكات التوزيع الثابتة

5–1. الأقنية الرئيسية والفرعية وتوضعها:

5–1–1. أنواع شبكات الري:

- شبكة مكشوفة: تكون أقنيتها ترابية مكساة أو دون تكسية؛ ونستعمل الأقنية الترابية المكساة عندما لا يتجاوز الميل (0.0005) .

- شبكة مرفوعة: تكون أقنيتها على شكل مجارٍ بيتونية، تكون عادة مسبقة الصنع مرفوعة على أوتاد؛ والأقنية المرفوعة تستعمل عندما يراوح الميل (0.002 – 0.0005) .

- شبكة أنبوبية: يجري جر المياه فيها بواسطة الأنابيب، وتكون على شكل شبكات ضغط ذاتي وشبكات ري بالضخ، و تستعمل الأنابيب عندما يكون الميل أكبر من (0.003) .

وعندما يراوح الميل (0.003 – 0.002) تستعمل شبكة مختلطة من الأقنية المرفوعة والأنابيب. وبعد المقارنة الاقتصادية الفنية لعدة حلول يتم اعتماد أحد الأنواع السابقة.

5–1–2. المتطلبات من توضع الأقنية:

إنَّ تصميم أي شبكة ري يختلف عن تصميم أي شبكة ري أخرى، ورغم ذلك فإنَّ مختلف التصاميم تشترك فيما بينها بالآتي:

1– تؤمن الأقنية المياه اللازمة للسقاية حسب مخطط الاستهلاك المائي وحسب جدول توزيع معين.

2- يجب أن تمر الأقنية في حدود حقول الدورات الزراعية أو حدود الملكيات، وذلك تبعاً لتضاريس المساحة المروية على نحوٍ تؤمن إنتاجية عالية للآليات الزراعية.

3- يجب أن تشرف الأقنية في الشبكة على الأقنية المستجدة كما أن الأقنية المستجدة يجب أن تشرف على سطح الحقل. ويفضل أن تشق الأقنية في أعلى المناطق على نحوٍ تكون القناة ثنائية الإشراف.

4- يجب أن تكون مقاطع الأقنية مستقرة ضد الجرف والإطماء والهبوط على نحوٍ يكون الضياع على التسرب من الأقنية أصغرياً وعامل مردود الشبكة وعامل استثمار الأرض أعظميين.

5- يجب تزويد كل مزرعة بالمياه بصورة مستقلة بواسطة قناة أو قناتين، كما يأخذ كل حقل من الدورات الزراعية المياه بصورة مستقلة من قناة خاصة، كما يجري تزويد الملكيات الخاصة بشكل مستقل أيضاً.

6- يجب أن يكون عدد المنشآت على شبكة الري أصغرياً (عبَّارات – منظمات التصريف والمنسوب والسرعة ...).

7- يجب أن يكون إنشاء الأقنية والمنشآت ميكانيكياً.

8- يجب أن يكون الجهد والمال والوسائل الضرورية لتنفيذ المشروع واستثماره أصغرياً.

9- يجب تصميم الشبكة على نحوٍ تستعمل المصادر المائية بصورة أفضل مع الأخذ بالاعتبار الاستثمارات الأخرى للمياه؛ أي يجب ري أكبر مساحة من الأرض وإنتاج طاقة كهرومائية في الأمكنة المناسبة، كما يجب تطوير الملاحة وتربية الأسماك وتزويد المراكز السكنية بمياه الشرب.

10- يجب أن يؤمن عمل الشبكة المياه إلى كل المساحات المروية تبعاً لنظام الري الضروري في كل منطقة أو دورة زراعية.

تقوم أقنية التوزيع الدائمة في شبكة الري بنقل المياه من المصدر المائي عبر مأخذ خاص، ومن أقنية التوزيع ذات الدرجة الأخيرة يتم تقديم المياه إلى السواقي ومن السواقي إلى المراوي، ومن المراوي إلى الشرائح أو الخطوط (وفي بعض الحالات من السواقي إلى الخطوط والشرائح).

تعمل شبكة السواقي والمراوي في موسم الري بشكل متقطع، لهذا فهي تصمم بشكل مؤقت أو على شكل أنابيب يمكن نقلها. أما شبكة التوزيع الدائمة فتعمل بشكل مستمر لِمُدَدٍ تطول أو تقصر، ولهذا تصمم كدائمة. ويجب إيجاد نوع من التوافق بين عمل الشبكة الدائمة والشبكة المؤقتة، وذلك حسب برنامج الاستثمار المائي.

5-1-3. تخطيط الأقنية الرئيسية:

يجب أن يؤمن مسار الأقنية الرئيسية الإشراف الكامل على كل الأراضي المراد ريها، كما يجب أن يكون هذا المسار هو الأفضل من وجهة نظر الكلفة والاستقرار. لهذا يجري شق الأقنية في المناطق المرتفعة من الأراضي المروية، وإذا كانت مشرفة على الجانبين فهو الأفضل.

5-1-4. توضع أقنية التوزيع:

يجب أن تؤمن هذه الأقنية المتطلبات الآتية:

1. أن تلائم موقع المساحة المروية وحدود المزارع المراد ريها، وتؤمن كمية المياه الضرورية في الوقت المحدد حسب برنامج الاستثمار المائي، وأن يكون هذا مستقلاً حسب الإمكان لكل منطقة.
2. أن يكون لهذه الأقنية الإشراف على كامل المساحة المروية ويتم الري بالراحة.
3. خلق أفضل الظروف للمكننة الزراعية.

4. تأمين تزويد مستقل لكل قطاع أو منطقة.

5. تأمين كل المتطلبات السابقة على نحوٍ يكون حجم الأعمال الترابية والصناعية أصغرياً. وأن يكون طول الأقنية لكل هكتار من المساحة أصغرياًً، أما عامل استثمار المياه فيجب أن يكون أعظمياً.

كما يجب أن تأخذ كل مزرعة مياهها من قناة مستقلة تصل هذه المزرعة بالشبكة، وتتفرع هذه القناة ضمن المزرعة إلى أقنية توصل المياه إلى قطاعات ري كبيرة، وعلى نحوٍ تكون أبعاد هذه القطاعات ملائمة لمكننة الزراعة.

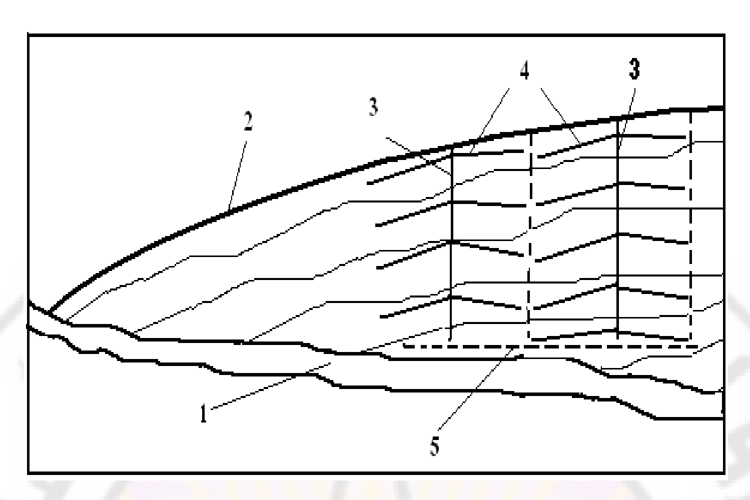
وتبعاً لذلك فإن قناة التوزيع يمكن أن تخدم محصولاً واحداً أو قسما من حقل واحد أو أن تخدم محصولين أو ثلاثة.

وكلما كان سطح المساحة المروية مستوياً والتربة متجانسة وغير متشعبة بمجاري المياه السطحية كلما كانت القطاعات أكبر، ويجب العمل على أنْ تكون أطوال الأقنية أَصغرية؛ لأن ذلك يوفر من كلفة الأقنية ويخفض ضياع المياه. وتؤخذ أبعاد القطاعات على نحوٍ لا ينخفض طولها عن $(400-600m)$ وعرضها عن $(400m)$.

وتبعاً لما سبق ولتوضع القناة الرئيسية يمكن ذكر التوضعات الآتية للأقنية الفرعية:

1. عندما تتوضع القناة الرئيسية بشكلٍ محاذٍ لخط التسوية؛

فإن الأقنية ذات الدرجة الأولى تتوضع باتجاه الميل الأعظم. ومنها تتفرع الأقنية ذات الدرجة الثانية كما في الشكل (5-1).

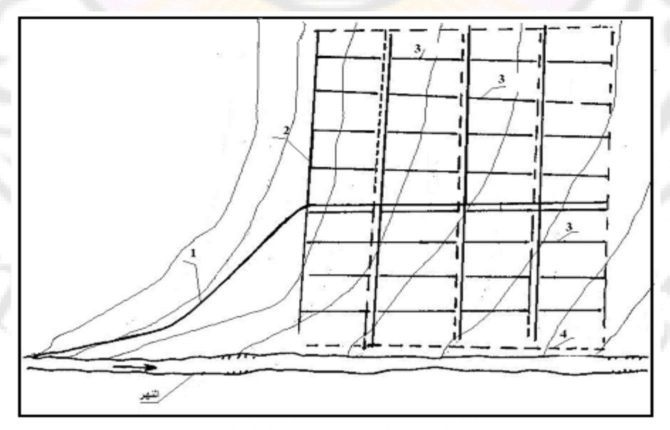


1-النهر. 2- قناة رئيسية. 3-قناة درجة أولى. 4- درجة ثانية. 5- مصرف.

شكل (5-1)

2. القناة الرئيسة تتوضع باتجاه الميل الأعظمي للسطح المروي:

تتوزع شبكة الري في هذه الحالة كما في الشكل (5-2). حيث تتفرع الأقنية ذات الدرجات الأولى بمحاذاة الأفقيات، أما أقنية الدرجة الثانية فتتفرع باتجاه الميل الأعظم، والسواقي والمراوي حسب ميل السطح واتجاه السقاية والزراعة.

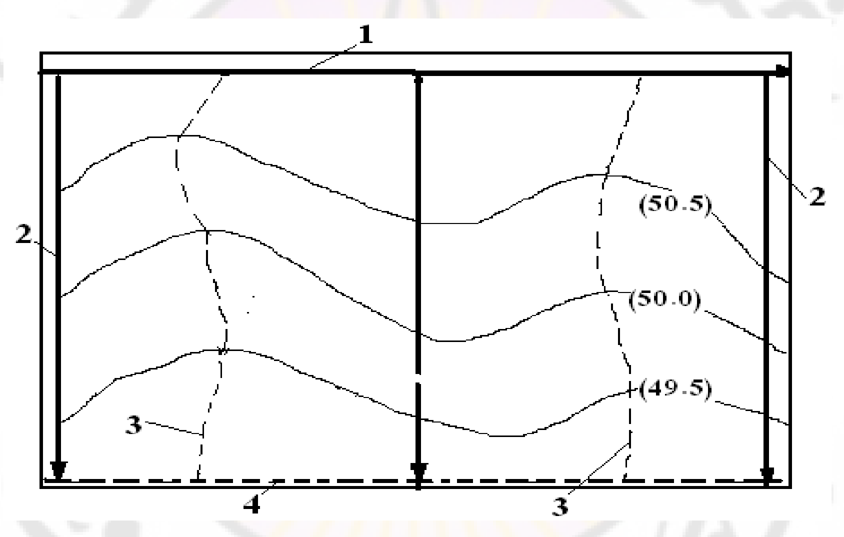


1- قناة رئيسية. 2-قناة درجة أولى. 3- قناة درجة ثانية. 4- مصرف

شكل (5-2)

3. الأراضي المتموجة:

وهي الأراضي التي تجمع بين المرتفعات والمنخفضات، وفيها تُنشأ القناة الرئيسية في أعلى مناسيب بالمنطقة. والمصرف المجمع في أخفض مناسيب بالمنطقة. وتوضع الأقنية الفرعية في المناسيب المرتفعة بالمنطقة والمصارف الفرعية في المناسيب المنخفضة فيها، وفي هذه الحالة يتم الري من الأقنية الفرعية للمساحات من كلا الجانبين، وكذلك تقوم المصارف الفرعية بعملية الصرف للمساحات من كلا الجانبين الشكل (5-3).

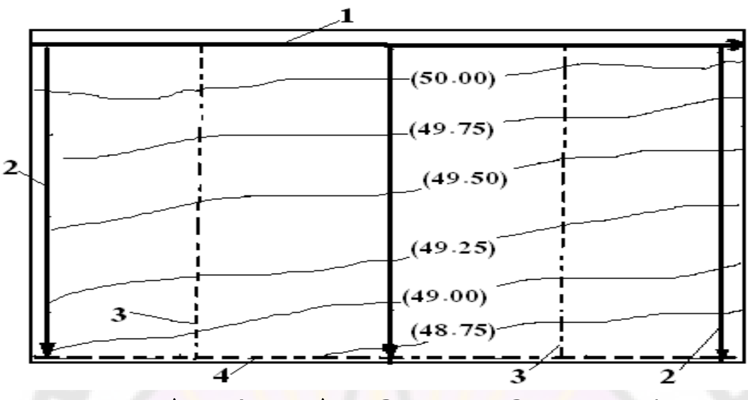


1– قناة رئيسية. 2– قناة فرعية. 3– مصرف فرعي. 4– مصرف رئيسي.

شكل (5-3) أرض متموجة

4. الأراضي المستوية أو البسيطة الانحدار:

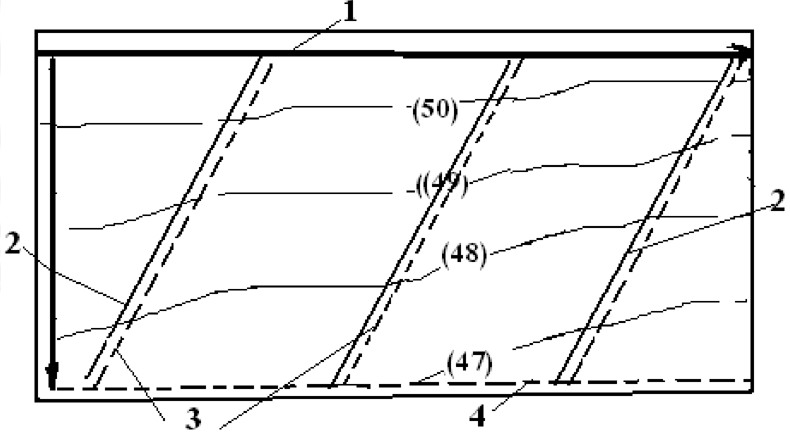
يمكن اعتبار انحدار الأرض بسيطاً إذا لم يتجاوز $(20cm/km)$، وفي هذه الحالة يتم تخطيط الأقنية الفرعية في الاتجاه العمودي على خطوط التسوية تقريباً. وتقوم الأقنية بالخدمة على الجانبين كما سبق شكل $(5-4)$.



1– قناة رئيسية. **2**– قناة فرعية. **3**– مصرف فرعي. **4**– مصرف رئيسي.

شكل (5–4) أرض بسيطة الانحدار

6. **الأراضي شديدة الانحدار**: هي التي يزيد انحدارها على $(20cm/km)$ تقريباً. وفيها تأخذ الأقنية وضعاً مائلاً على خطوط التسوية، وذلك حتى لا تتجاوز السرعة الحد الذي يسبب النحر أو التجريف للتربة، على نحوٍ يتناسب الميل الطولي مع درجة القناة، جدول (5-1)، وفي هذه الحالة تكون الخدمة لجانب واحد غالباً. ويُراعى وضع المصرف أعلى من القناة وقريباً منها، شكل (5-5).



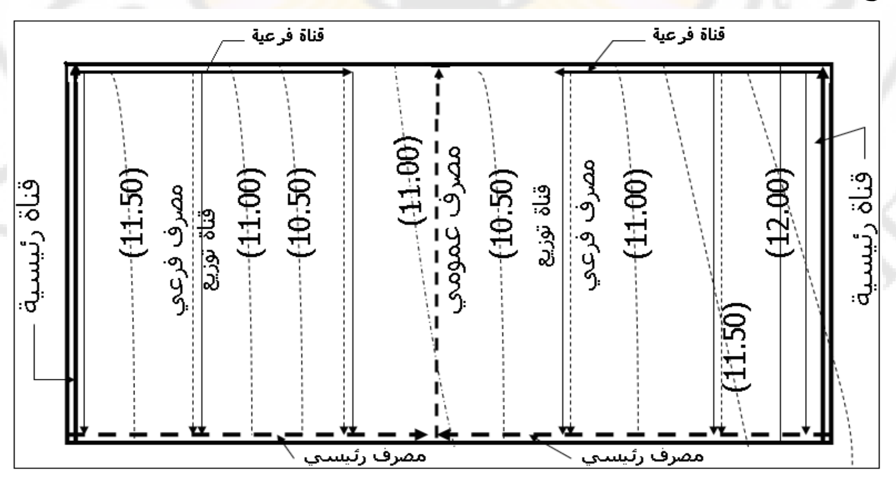
1– قناة رئيسية. **2**– قناة فرعية. **3**– مصرف فرعي. **4**– مصرف رئيسي.

شكل (5–5)

جدول(5–1) تصنيف الأقنية والمصارف ونطاق الإشراف (أقنية غير مكساة)

نطاق القناة ، هكتار	نوع القناة	الميل الطولي للقناة، سم/كم	نوع المصرف	الميل الطولي للمصرف ، سم/كم
100000– 50000	رئيسة كبرى	7–5	مصرف عمومي	7–5
50000– 5000	رئيسية	9–7	رئيسي	12–9
5000– 500	فرعية	12–9	فرعي درجة I	16–12
500–50	توزيع	16–12	فرعي درجة II	24–16
أقل من 50	ساقية	24–16	حقلي	40–20

8.الأراضي المنحدرة من الجانبين: تتميز هذه الأراضي بوجود منخفض كبير وسطها يمر به المصرف المجمع، أما الأقنية الرئيسية فتوضع في أعلى منسوب من الجانبين. والقناة الفرعية توضع باتجاه الميل الرئيسي أو تشكل زاوية معه؛ حسب شدة الانحدار. وأقنية التوزيع والمصارف تكون متجاورة، شكل (5–6) .



شكل (5–6) أراضٍ منحدرة من الجانبين

5-1-5. خطوات التخطيط المبدئي لشبكات الري والصرف:

هناك العديد من البيانات التي ينبغي توفرها للتخطيط الجيد لشبكتي الري والصرف للأراضي المستصلحة، وتشمل هذه البيانات: مناسيب الأرض الطبيعية، والمنشآت والعوائق الموجودة عليها، ومصادر الري والصرف للمنطقة، وخواص التربة من الناحيتين الهندسية والزراعية، والعوامل المناخية السائدة في المنطقة. وسوف نتناول فيما يأتي الخطوات:

1 إعداد الخريطة الكنتورية:

يجب الاستعانة بالخرائط الموجودة لمنطقة الاستصلاح المطلوبة أو عمل خريطة مساحية بمقياس رسم مناسب، وهو غالباً (1/25000) وإذا توفرت خرائط بمقياس رسم أكبر مثل (1/10000) فهي أفضل لرسم خطوط المناسيب (خطوط الكونتور) الخاصة بالمنطقة، ويراعى تحديد أماكن القرى الموجودة أو المقترحة والبحيرات وأيّ عوائق أو أماكن أخرى يلزم تجنبها عند التخطيط. كما يراعى توضيح المناسيب كل ($1.0m$) أو مسافات أصغر لتوضيح شكل طبوغرافية الأرض بدرجة معقولة.

2- تحديد مصادر الري:

يجب أن تشتمل البيانات على مصادر الري التي سوف تزود المنطقة بالاحتياجات المائية اللازمة. فإذا كان مصدر الري من المياه السطحية من قناة رئيسية مكشوفة، يلزم تحديد موقع بداية تفرع القناة المغذية للمنطقة من هذه القناة المكشوفة، وكذلك أعلى وأقل منسوب للمياه عند نقطة التفرع في القناة الرئيسية، والموافقة لأكبر وأقل تصريف لهذه القناة.

أما إذا كان مصدر الري هو المياه الجوفية فيمكن غالباً اختيار الموقع المناسب للآبار اللازمة لتغذية المنطقة حسب طبوغرافية الأرض، ويلزم إعداد دراسة كافية للخزان الجوفي في المنطقة لتحديد عمق الآبار وعددها وقطر كل منها والسحب الآمن الذي يمكن

الاعتماد عليه في ري المنطقة. وفي جميع الحالات لا بُدّ من دراسة خواص المياه المستعملة ومدى صلاحيتها لعملية الري لتجنب مشكلات تدهور التربة والإنتاجية الزراعية.

وبالنسبة إلى مصدر الصرف المتوفر للمنطقة يجب تحديد موقع مصب النهاية لمياه الصرف الناتجة عن المنطقة، وكذلك أعلى منسوب للمياه في مصدر الصرف عند هذا الموقع ويمكن دراسة إمكانية الاستفادة بجزء من مياه الصرف الناتجة في عملية الري، وذلك بخلطها مع مياه الري الأصلية، في حال توافر الحجم الكافي لمياه الري بتكاليف اقتصادية مناسبة.

3– تحديد مسارات الأقنية والمصارف:

القاعدة العامة في التخطيط أن توضع الأقنية الرئيسية المقترحة في أعلى مناسيب المنطقة، بينما توضع المصارف المقترحة للمنطقة في أخفض منسوب قدر الإمكان. وتوضع الأقنية الفرعية في المرتفعات الثانوية بالمنطقة وكذلك المصارف الفرعية في المنخفضات الثانوية. ويعتمد عدد أقنية التوزيع المطلوبة على مقدار المجال الذي تشرف عليه القناة، وكذلك طبوغرافية المنطقة ويبين الجدول (5-1) المجال أو المدى التقريبي لمساحة النطاق الذي تشرف عليه القناة وترويه، وكذلك نطاق أو مجال الصرف. وفي التخطيط النهائي لا بُدّ من وجود مصرف بين كل قناتين، ويمكن من هذا التخطيط تحديد المجال الفعلي للأقنية الفرعية وما دونها وكذلك المصارف الفرعية وما دونها. فالمجال الذي تشرف عليه القناة؛ أي الذي تغذيه القناة هو المجال المحصور بين مصرفين. وكذلك مجال المصارف هو المساحة المحصورة بين قناتين.

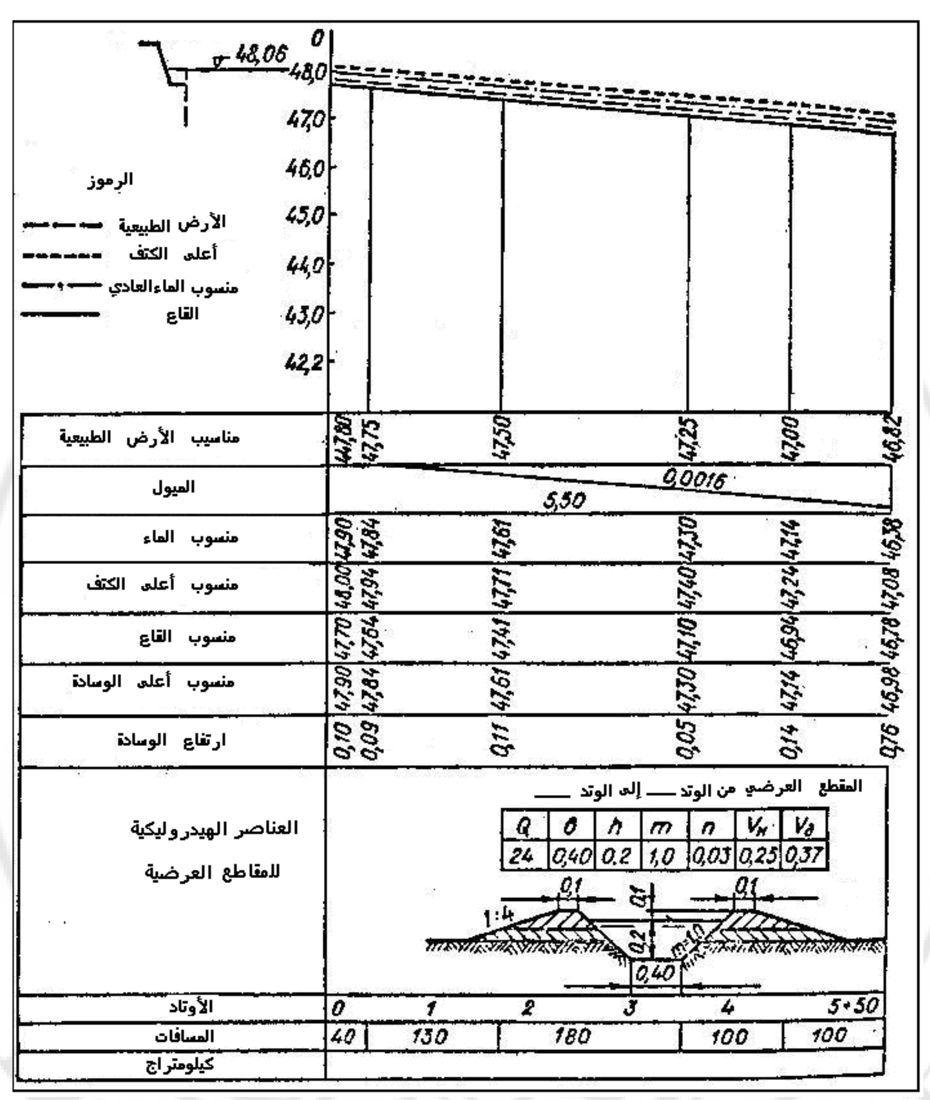
5–1–6. المخطط المائي (المقطع الطولي) لشبكة الأقنية :

يمثل المخطط المائي لشبكة الأقنية لمنطقة معينة القطاعات الطولية لأقنية التوزيع والأقنية الفرعية والأقنية الرئيسية التي تزودها. والغرض الأساسي من المخطط المائي توضيح خط سطح الماء في كل قناة، وضمان تحقيق المناسيب المطلوبة في هذه الأقنية لتؤدي

الدور المطلوب منها ويمكن تقسيم عملية إعداد المخطط لشبكة الأقنية إلى خطوات متتابعة على الوجه الآتي:

- اختيار مقياس الرسم المناسب .
- إعداد جدول البيانات للمقطع الطولي.
- حساب المناسيب المتوسطة لأرض الزراعة.
- رسم السطح المناسب في كل قناة ري.
- تحديد المشكلات ومعالجتها.
- تحديد مناسيب المياه المطلوبة عند مأخذ كل قناة.
- المنشآت المطلوبة.

وتبين الأشكال (5-7)، (5-8)،.... (5-11) مقاطعاً طوليةً وبعض المقاطع العرضية التوضيحية.



شكل(5–7) مقطع طولي لقناة مكشوفة مؤقتة

K-1 K-2 K-3 K-4 K-5 K-6 K-7

المنسوب الأعظمي

المنسوب العادي

القاع

المقطع العرضي من الوتد__ إلى الوتد __

منسوب الأرض الطبيعية	
ميل أجزاء القناة	
منسوب أعلى الكتف	
منسوب الماء العادي	
منسوب قاع التكسية	
منسوب القاع الترابي	
عمق الحفر	
ارتفاع الردم	
العناصر الهيدروليكية للمقطع العرضي	Q b h m n V V0
المسافات	
الأوتاد	
كيلومتراج	
المسقط الأفقي	

شكل(5–8) مقطع طولي لقناة فرعية مكشوفة

منسوب الكتف

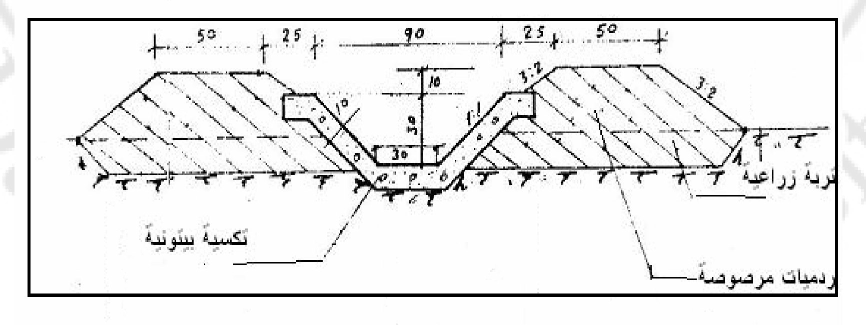
المنسوب الأعظمي

المنسوب العادي

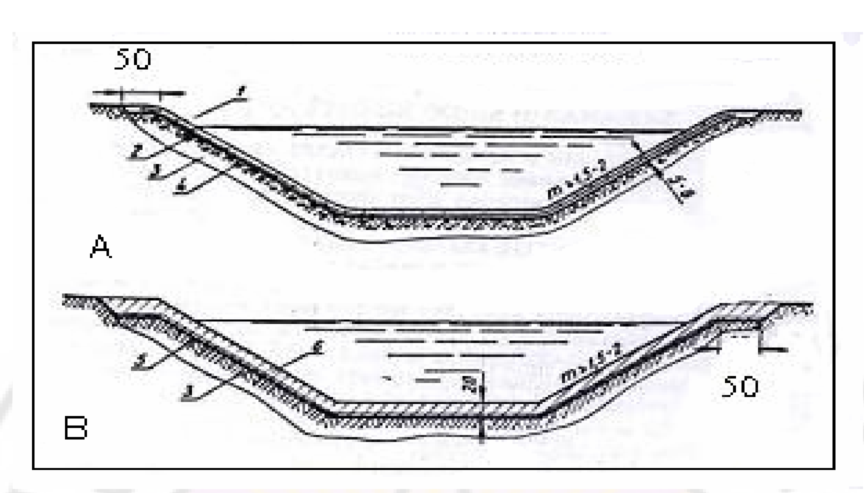
منسوب القاع

			منسوب الأرض الطبيعية
			طول الجزء – الميل
			الحواجز والسدات
			منسوب الماء الأعظمي
			منسوب الماء الأصغري
			منسوب الماء العادي
			منسوب قاع التكسية البتونية
			منسوب قاع القناة الترابي
			عمق الحفر
			ارتفاع الكتف
Q b h m h V Vs	Q b h m h V Vs	Q b h m h V Vs	العناصر الهيدروليكية للمقاطع
			المسافات
			الأوتاد
			كيلومتراج
			المسقط الأفقي

شكل(5–9) مقطع طولي لقناة رئيسية مكشوفة



شكل (5–10) مقطع عرضي نموذجي مع الإكساء لقناة مكشوفة



شكل (5–11) مقطع عرضي في الحفر لقناة مكشوفة

5–1–7. تصنيف درجات الأقنية :

الأقنية الرئيسية الكبرى (Major Canals): تستمد مياهها إمّا من الأنهار الكبرى مثل الفرات وإمَّا من السدود السطحية الكبرى والمخصصة للري.

الأقنية الرئيسية (Main Canals): تمر القناة الرئيسية في المناطق المرتفعة من الأرض حتى يمكن أن تروي جميع الأراضي التابعة لها وتحت إشرافها. والقناة الرئيسية هي قناة توصيل، أي لا يسمح بالري منها مباشرة إلا في القسم الأخير أو الحبس الأخير، والمقصود بالحبس من القناة هو الجزء الذي يملك نفس المقطع الهيدروليكي، أي نفس عرض وميل القاع ونفس عمق الماء .

الأقنية الفرعية (Branch Canals): وتأخذ مياهها غالباً من أمام منشآت الحجز على الأقنية الرئيسية. وتتدرج في درجاتها حسب مساحة المشروع وضخامته من الدرجة الأولى فالثانية وهكذا إلى أقنية التوزيع، ويمكن الري المباشر منها للأراضي الزراعية المجاورة لها. ويتم توصيل المياه من الفرعية إلى أقنية التوزيع بواسطة فتحات ري.

أقنية التوزيع (**Distributaries**): وهي أصغر أنواع الأقنية الفرعية، أي التي تُنشأ وتُدار ويتم صيانتها بواسطة الإدارة الحكومية المختصة. وتقوم أقنية التوزيع بتوصيل المياه إلى السواقي الحقلية. ويمكن الري المباشر منها.

السواقي (**Field Canals**): وهي أصغر الأقنية، وتقوم بتوصيل المياه إلى الحقل مباشرة، أو تتفرع منها سواقٍ أخرى أقل في الدرجة، وهكذا حتى تنتهي بالمراوي.

5–1–8. ترقيم أقنية الري:

لسهولة قراءة مخططات شبكات الري سوف نعتمد بعض الرموز والترقيم لهذه الأقنية؛ وذلك على الشكل الآتي:

القناة الرئيسية: **MC** .

فرع القناة الرئيسية الأيمن: **MCR** .

فرع القناة الرئيسية الأيسر: **MCL** .

أقنية توزيع درجة أولى : **1C** ؛ **2C** ؛ **3C** .

إنَّ الرقم يدل على تسلسل تفرع هذه الأقنية من القناة الرئيسية وذلك ابتداء من المصدر المائي.

أقنية التوزيع ذات الدرجة الثانية: **1-1C** ؛ **2-1C** ؛ **3-1C** ؛

أقنية التوزيع ذات الدرجة الثالثة: **1-1-2C** ؛ **2-1-2C** ؛ **3-1-2C** ؛

يدل الرقم الأخير بدءاً من اليسار على تسلسل توضع القناة الأدنى على القناة المتقدمة؛ وذلك اعتباراً من مأخذ القناة المتقدمة، أما الأرقام السابقة فتدل على القناة ذات الدرجة المتقدمة والأعلى.

إذا كانت القناة مرفوعة يضاف إلى رمزها حرف (**F**) إما إذا كان فرع الشبكة أنبوباً فيضاف إلى رمزها حرف (**P**)؛ على سبيل المثال: (**1-1CF**) تعني قناة توزيع درجة ثانية

مرفوعة رقمها (**1**) على القناة ذات الدرجة الأولى المرفوعة، (**2CP**) قناة أنبوبية درجة أولى رقمها (**2**). ويرمز للدريناج (**D**)؛ وللمفيض (**W**): (**2W1C**) تعني المفيض الثاني على القناة (**1C**).

تُسمَّى المساحة المحددة بشبكة الري **بالمساحة الكلية** ، ويدخل ضمنها المساحة المروية وغير المروية والبحيرات والمجاري المائية إن وجدت. وتسمى المساحة المروية المزروعة والمشجرة من الشبكة **بالمساحة المروية الصافية** . أما المساحة الضائعة تحت الأقنية والمنشآت والطرق ومصدات الرياح والأبنية والمناطق غير الملائمة للري فتسمى **المساحة المقتطعة** ولا يدخل في ذلك المناطق الكبيرة وغير الملائمة للري. ونطلق على المساحة الصافية مضافاً إليها المساحة المقتطعة **بالمساحة المروية القائمة** . وتسمى نسبة المساحة المروية الصافية على المساحة الكلية **بعامل استثمار المساحة الكلية** ؛ ونسبة المساحة المروية الصافية على المساحة المروية القائمة **بعامل استثمار الأراضي**.

5-1-9. تصاريف الأقنية:

يجري حساب الأقنية على ثلاثة تصاريف حسابية وهي التصريف العادي (Q_n)؛ والتصريف الأصغري (Q_{min})؛ والتصريف الأعظمي (Q_{max}). يُسمَّى التصريف العادي بالتصريف الذي يمر في القناة لمدّة طويلة. أما التصريف الأصغري فهو أصغر تصريف يمر في القناة حسب مخطط المعامل المائي. ويُسمَّى بالتصريف الأعظمي التصريف الذي يزيد على التصريف العادي، ويمر في القناة لمدّة قصيرة.

بالإضافة إلى هذه التعريفات يمكن أن نميز تعاريف أخرى هي:

- التصريف الصافي للقناة: هو التصريف في نهاية القناة.
- التصريف الكلي: هو التصريف في بداية القناة؛ ويساوي التصريف الصافي مضافاً إليه الضياعات في هذه القناة.

- التصريف الصافي للشبكة: هو التصريف الواصل إلى الحقل لسقاية المحاصيل الزراعية.
- تصريف الشبكة الكلي: هو التصريف الذي يدخل القناة الرئيسية.

تُحسب أقنية التوزيع الكبرى وتفرعاتها التي تعمل بصورة مستمرة على إمرار التصريف العادي والأصغري والأعظمي، ولكن التصريف العادي يعتبر الأساس في الحساب. وتحسب أقنب التوزيع التي تعمل بشكل دوري على إمرار التصريف العادي والأصغري الكلي ليلاً ونهاراً. يجب ألّا ينخفض التصريف الأصغري عن (45%) من التصريف العادي. وتعتبر القيمة الأعظمية للمعامل المائي حسابية إذا كانت تستمر أكثر من عشرة أيام. أما في الحالات الأخرى فتأخذ القيمة الحسابية مساوية للقيمة الوسطية القريبة من الأعظمية التي تستمر لأكثر من عشرة أيام.

يحدد التصريف الكلي بالعلاقة:

$$Q_{tot} = Q_{net} + S$$

$$Q_{net} = \Sigma Q$$

حيث:

ΣQ – مجموع التصاريف المتفرعة التي تعمل بآن واحد.

S – الضياعات على التبخر والتسرب والهدر من القناة.

لذلك عند تصميم أيّ قناة يجب حساب التصريف الحسابي كما ورد سابقاً ويكون التصريف الحسابي هو التصريف العادي الذي نحدد على أساسه أبعاد القناة. أما التصريف الأعظمي فيستعمل لتحديد منسوب الأكتاف للأقنية. والتصريف الأصغري فيستعمل لتحديد مواقع منشآت الحجز على الأقنية. غالباً ما يُحدَّد التصريف الأعظمي نتيجة جداء التصريف العادي بعامل احتياط ويساوي (1.2-1.3) إذا كان

$(Q<1m^3/s)$ ؛ ويساوي (1.15-1.2) إذا كان $(Q>1m^3/s)$ ؛ ويساوي (1.1-1.15) عندما $(Q>10m^3/s)$.

10-1-5. عامل مردود الأقنية:

عامل مردود الأقنية ويساوي النسبة بين تصريف نهايتها وتصريفها في بدايتها، أي (Q_n/Q_B) ؛ ويحدد عامل المردود لكل الأقنية الأخيرة فالمتقدمة وهكذا.

مثلاً عامل مردود قناة توزيع يُحدد بالعلاقة:

$$\eta_3 = \Sigma Q_i /(\Sigma Q_i + S_3)$$

حيث:

ΣQ_i — مجموع تصريف السواقي المتفرعة من قناة التوزيع.

S_3 — الضياعات في قناة التوزيع.

كما أنَّ عامل مردود قناة درجة أولى أعلى من قناة التوزيع يساوي:

$$\eta_2 = \Sigma Q_i /(\Sigma Q_i + S_2)$$

حيث:

ΣQ_i – مجموع تصريف الأقنية المتفرعة عن قناة الدرجة الأولى.

S_2 – الضياعات في قناة الدرجة الأولى.

أما عامل مردود شبكة ري لمزرعة أو قطاع ري فيأخذ بعين الاعتبار الضياعات في قناة المزرعة والأقنية الفرعية والسواقي ويساوي:

$$\eta_5 = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4$$

η_5 – عامل مردود شبكة المزرعة.

η_4 – المتوسط الحسابي لعامل مردود السواقي.

η_3 – المتوسط الحسابي لعامل مردود الأقنية الفرعية والمتفرعة عن الأولى.

η_2 – المتوسط الحسابي لعامل مردود الأقنية ذات الدرجة الأولى.

η_1 - عامل مردود القناة الرئيسة في شبكة المزرعة .

عامل شبكة الري بشكلٍ عام يساوي النسبة بين حجم المياه الواصل إلى الحقول (V_n) وحجم المياه الداخل عبر المأخذ إلى القناة الرئيسية (V_B) وذلك في المدّة (T) :

$$\eta = V_n / V_B = Q_n \cdot t / Q_B \cdot T$$
$$= \{1 - [(\sum \sigma \cdot L \cdot Q / 100) / Q_B]\} \cdot t / T$$

$$Q_B = Q_n + \sum \sigma \cdot L \cdot Q / 100$$

حيث:

Q_n - مجموع التصاريف الواصلة إلى الحقول.

Q_B - التصريف المأخوذ من المصدر المائي.

Q - تصريف القناة المعينة.

t - طول زمن السقاية.

T - مدة عمل القناة الرئيسية.

σ - نسبة الضياع في قناة معينة على $(1..km)$ من طولها.

l - طول القسم الذي تمر فيه المياه من القناة المعينة.

من هنا نرى أنه لرفع عامل المردود يجب:

- تزويد الشبكة بالمياه دون توقف وأن يكون الري مستمراً ليلاً ونهاراَ ً.
- خفض الضياعات من الأقنية.
- ألا ينخفض التصريف عن حد معين.

11-1-5. مناسيب المياه في الأقنية

يمكن تمييز ثلاثة أعماق للمياه في الأقنية الدائمة وهي على التوالي العمق الأصغري h_{min}، العمق العادي h_n؛ العمق الأعظمي $\mathbf{h_{max}}$،

وهذه الأعماق مرتبطة بالتصريف الأصغري Q_{min}، والعادي Q_n، والأعظميّ Q_{max}. وتأخذ القناة المياه عن طريق منظم، ولهذا فإنَّ مستوى منسوب المياه في القناة المتقدمة أمام المنظم أعلى منه في القناة المستجدة بعد المنظم.

والفرق بين المنسوبين (**z**) سوف نسميه السقوط. وكلما ازداد السقوط انخفضت أبعاد المأخذ، ولكن ذلك يؤدي لارتفاع أكتاف الأقنية المتقدمة، ولهذا فمن الأفضل خفض قيمة السقوط وأخذها بحدود $(0.05-0.1m)$ وذلك في حال الميول الصغيرة ويزداد إلى $(0.2-0.3m)$ في حالة الميول الكبيرة.

تُحدَّد مناسيب المياه في الأقنية حسب الآتي:

عند مرور تصريف عادي في القناة المتقدمة يجب أن يمر تصريف أعظمي في القناة المستجدة، ولهذا فإنَّ منسوب المياه العادي في القناة المتقدمة يجب أن يكون أعلى من منسوب المياه الأعظمي في القناة المستجدة. ويمكن تأمين هذا السقوط بين منسوب المياه العادي في القناة المتقدمة والمنسوب الأعظمي في القناة المستجدة بصورة عادية أو عن طريق حجز المياه في القناة المتقدمة بواسطة سكر.

إن الأقنية ذات العمل الدوري لا تحسب على التصريف الأعظميّ، ولهذا فإنَّ أعماق المياه في هذه الأقنية هي الأعماق العادية والأصغرية. ولهذا فإنَّ السقوط في هذه الحالة يساوي الفرق بين المنسوب العادي في القناة المتقدمة والمنسوب العادي في القناة المستجدة، ويمكن تأمينه كذلك إما بصورة عادية وإمَّا بواسطة سكر يحجز المياه في القناة المتقدمة.

إن الأقنية المتقدمة تعمل على الحجز عندما يمر فيها تصريف أقل من التصريف العادي ويمكن أن نستغني عن الحجز نهائياً عندما يكون منسوب المياه الأصغري في الأقنية

المتقدمة أعلى من منسوب المياه العادي في الأقنية المستجدة، وفي هذه الحالة يكون الحل غير اقتصادي.

إن منسوب المياه في السواقي يجب أن يكون أعلى من منسوب سطح الحقل عند الري السطحي بالمقادير الآتية: الري بالخطوط $(0.05-0.1m)$، والري بالشرائح $(0.1-0.15m)$، والري بالغمر $(0.3m)$ وذلك لتأمين عمق $(0.25m)$ في الحقل، أمّا عند الري بالرش فلا داعي لأن يكون منسوب المياه في الساقية أعلى من منسوب سطح الحقل. إنَّ ارتفاع منسوب المياه في الأقنية فوق سطح الأرض يُسمَّى بإشراف الأقنية وإشراف الأقنية مختلف يزداد مع تقدم القناة. ويُسمَّى الفرق بين مناسيب المياه في الأقنية المتتالية بالإشراف، ويمكن اعتبار القيم الواردة في الشكل(5-12) قيماً وسطية.

شكل(5–12) تحديد ارتفاع الإشراف في الأقنية

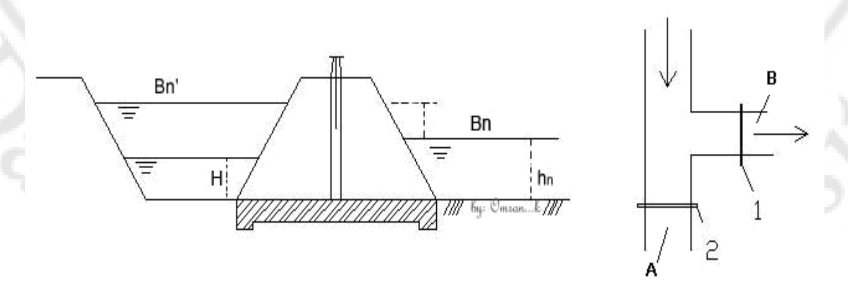
يجب تأمين إشراف السواقي على طول الساقية؛ لأن المياه يجب أن تخرج من الساقية من أيّ نقطة عليها، أمّا إشراف الأقنية الأخرى فيجب أن يتحقق في منطقة التفرع فقط. إذا تفرّعت عدة أقنية من قناة معينة فإنَّ الإشراف يحدد بالشكل الآتي:

- نرسم المخطط الطولي للأقنية المتفرعة من هذه القناة.

- نحدد من هذه المخططات إشراف هذه الأقنية وذلك في منطقة التفرع.
- يضاف إلى هذا الإشراف قيمة السقوط على المأخذ.

ويجري ربط مناسيب المياه فيما بينها بالتسلسل من الأقنية المستجدة فالأقنية المتقدمة. في البداية نحدد مناسيب المياه في بداية السواقي التي تساوي منسوب الأرض الطبيعية في بداية الساقية مضافا إليها $(5-15cm)$ ، بعد ذلك يصار لرسم مقطع طولي لسطح الأرض في مسار قناة المقسم. وعلى هذا المقطع توضع إشارات تفرع السواقي كما يثبت منسوب المياه في الساقية على المقطع وبصورة تخطيطية يبين إشراف السواقي، يضاف إلى منسوب المياه في السواقي إشراف مقداره $(5-10cm)$ وبذلك يحدد منسوب المياه في قناة المقسم في كل نقطة تفرع، بعد ذلك يصار لرسم منسوب المياه وميله على نحوٍ يُؤمِّن إشراف هذه الأقنية على السواقي، وعلى نحوٍ يكون حجم الأعمال الترابية أصغريّاً.

إشراف الأقنية المتقدمة على الأقنية المتفرعة عنها عند إمرار التصريف العادي يساوي الضياع على المنظمات ومقداره ضمن المجال $(5-20cm)$ وذلك تبعا للسرعة المسموح بها في المنظم. إن هذا الإشراف يمكن يتم عن طريق ملء القناة أو عن طريق حجز المياه في القناة.



1– منظم 2– منشأة حجز A – قناة متقدمة B– قناة متفرعة

شكل (5–13)

إن المنسوب المطلوب شكل (5-13) في قناة متقدمة **A** أعلى من منسوب المياه في قناة متفرعة عنها **B** ويساوي مقدار الضياع على المنظم. وهكذا يمكن أن يُحدَّد منسوب المياه في كل مقاطع الأقنية المتقدمة التي يتفرع منها أقنية ثانوية، وبعد معرفة هذه المناسيب والمسافة بينها يمكن تحديد المقطع الطولي لمناسيب هذه الأقنية. وفي هذه الحالات يجب الأخذ بعين الاعتبار ضرورة وإمكانية بناء سدات أو حواجز على الأقنية المتقدمة بعد المنظمات.

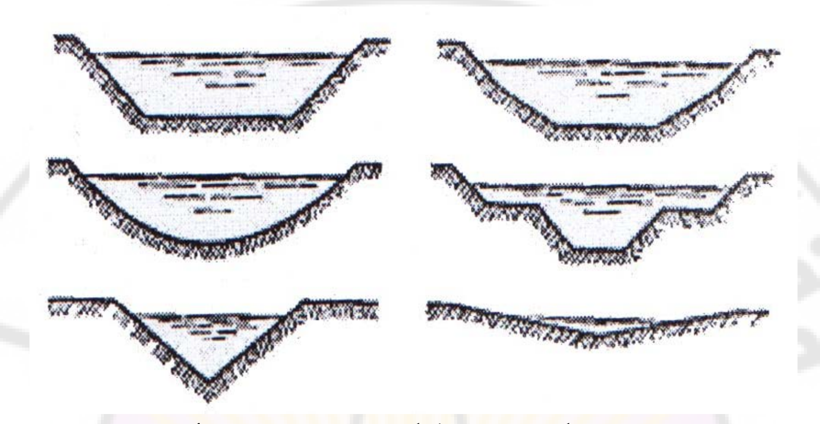
ومع ازدياد الإشراف يزداد ارتفاع الردم في الأقنية، ولما كانت كلفة ردم ($1m$) أعلى بكثير من كلفة حفر ($1m$)، فمن الأفضل خفض ارتفاع الأكتاف المردومة في الأقنية كما أنه كلما كان ارتفاع هذه الأكتاف عالياً ازداد التسرب وكبر احتمال انهيار القناة.

كما يمكن خفض ارتفاع الأكتاف الذي يؤدي إلى خفض الإشراف، وذلك بزيادة مقطع المنظم الذي يؤدي إلى خفض السقوط. كما يمكن تعريض القناة وخفض التصريف الأعظمي.

5-1-12. المقاطع العرضية للأقنية:

يتبع مقطع الأقنية العرضي أبعاد القناة وطبيعة التربة، وطريقة التنفيذ. أما أشكال هذه المقاطع فهي: مستطيلة، شبه منحرف، دائرية، مثلثية، مقاطع مركبة، كما يبين الشكل (5-14). إلا أن المقطع الأكثر شيوعاً هو المقطع الذي يأخذ شكل شبه منحرف لأنه المقطع الأسهل في التنفيذ وكذلك سفوح هذا المقطع مستقرة. أما الأقنية الكبيرة تأخذ المقطع المضلع، لأنه الأفضل هيدروليكياً وسفوحه ذات استقرار أكبر ومن المعروف أن المقاطع القطعية المكافئة من أفضل المقاطع، ولكنها أصعب في التنفيذ، أما المقطع المركب فيستعمل عندما يمر في القناة تصريف كبير لمدّة قصيرة وفيما عدا هذه المدّة فالتصريف منخفض. ويمكن استخدام هذا المقطع في تنظيم مجاري الأنهار ضمن المدن. أما المقاطع

المثلثية فتستعمل للأقنية الصغيرة مثل السواقي والمراوي وذلك لسهولة مرور الآليات وعبورها.



شكل (5–14) أشكال المقاطع العرضية للأقنية

تبعاً لشروط تنفيذ الأعمال يمكن تقسيم الأقنية إلى ثلاثة أنواع، شكل (5 – 15) :

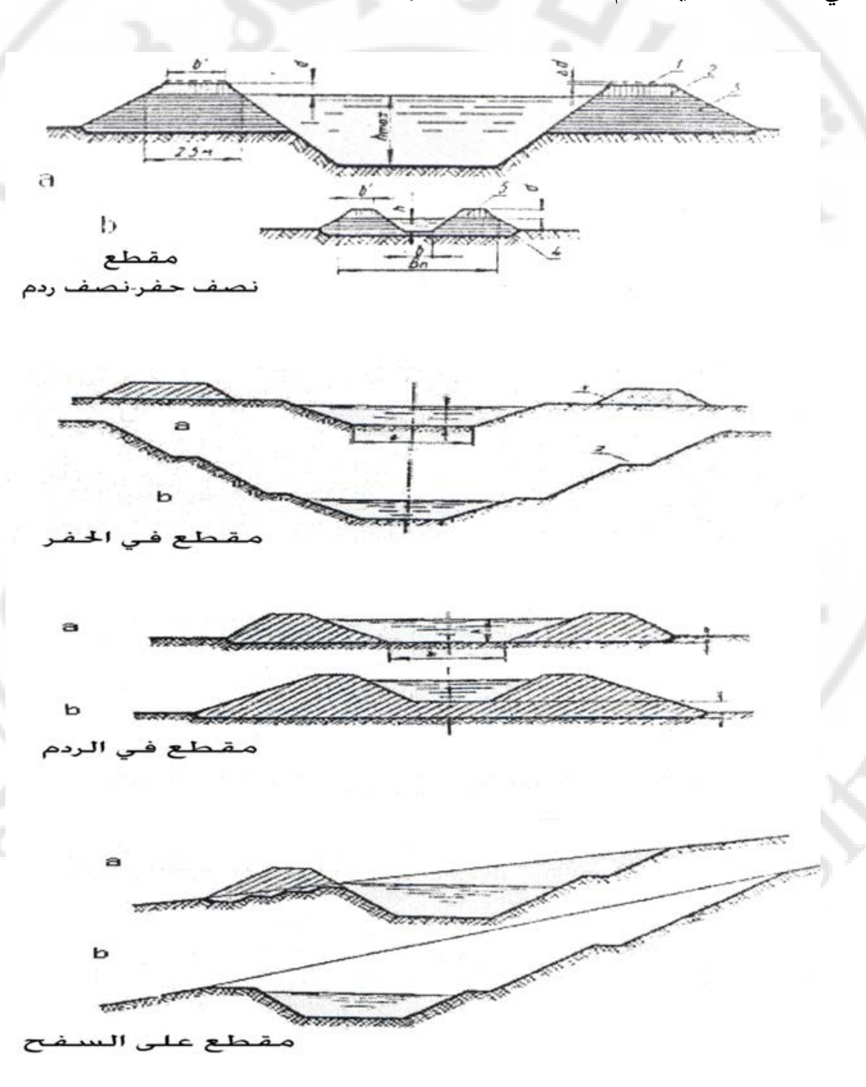
- أقنية نصف ردم.
- أقنية في الحفر.
- أقنية في الردم.

في أقنية المجموعة الأولى يمكن أن يكون حجم الحفر مساوياً لحجم الردم أو أن يكون حجم الحفر أكبر من حجم الردم أو يكون حجم الحفر أصغر.

ولكن أفضل مقطع من الناحية الاقتصادية وتنفيذ الأعمال هي الأقنية ذات الحفر القليل أو الأقنية ذات الردم المنخفض وإن كانت أكثرية الأقنية هي: نصف حفر–نصف ردم وذلك من شرط الإشراف.

عندما تلتقي القناة مع مرتفع فإنَّها تنفذ في الحفر، ويمكن لهذا الحفر أن يكون عميقاً. وفي الأغلب يكون القسم الأجرد من القناة الرئيسية مشكلاً في الحفر العميق.

عندما يكون ميل القناة أقل من ميل سطح التربة أو عندما تتقاطع القناة مع منخفض طبيعي تنفذ القناة في الردم، وذلك لتحقيق الإشراف.



شكل (5–15) المقاطع العرضية لأقنية الري حسب تنفيذ الأعمال

5-2.تصميم وحساب شبكات الري بأنواعها

5-2-1.الحساب الهيدروليكي للأقنية:

يشمل الحساب الهيدروليكي للأقنية تحديد أبعاد المقطع الحي للتيار والميل والسرعة الوسطية المقبولة وعمق المياه في القناة لدى إمرار تصريف معين. لتعيين هذه القيم تستعمل معادلة الجريان المنتظم في الأقنية المكشوفة وهي:

$$Q = A \cdot C \cdot (R \cdot i)^{0.5}$$

حيث:

Q : تصريف القناة (m^3/s).

A : مقطع القناة (m^2).

C : ثابت شيزي.

R : نصف القطر الهيدروليكي (m).

i : ميل قاع القناة.

ويحدد عامل شيزي من علاقة مانينغ $C = \frac{1}{n} \cdot R^y$

حيث (y) تؤخذ من العلاقات الآتية:

$R > 1m \Rightarrow y = 1.5\sqrt{m}$

$R < 1m \Rightarrow y = 1.3\sqrt{m}$ ، حيث: m تسطح سفوح القناة

وعادة تؤخذ قيمة ثابتة وتساوي $(\frac{1}{6})$ ، أما (n) عامل الخشونة تؤخذ قيمتها حسب الجدول(5-11).

5-2-2.حساب أقنية ذات مقطع شبه منحرف :

يجري الحساب بالعلاقة السابقة، ويمكن أن نصادف ثلاث مسائل هي:

- تحديد التصريف (Q) أما أبعاد المقطع والميل فمعطاة.

- تحديد الميل أما أبعاد المقطع والتصريف معطاة.
- تحديد أبعاد المقطع (b,h)، بعد إعطاء الميل والتصريف.

بالنسبة إلى المسألة الأولى والثانية فالحل سهل، ويمكن حلهما بطريقة مباشرة من العلاقات السابقة ، أما المسألة التي نصادفها في غالب الأحيان فهي الثالثة ، أو أن يطلب تحديد (i,b,h)، على نحوٍ يكون التصريف (Q) وتسطح السفوح (m) والخشونة (n) من المعطيات، وتحل هذه المسألة بالعلاقة السابقة مع إضافة شرط استقرار القناة. إن استقرار القناة وكلفتها تتبع لاختيار $(\beta = \frac{b}{h})$ والميل (i). إنَّ القناة تمرر أكبر كمية من المياه عندما يكون مقطعها مثالياً من الناحية الهيدروليكي ة؛ وذلك يتحقق بالعلاقة :

$$\beta = \frac{b}{h} = 2[\sqrt{1-m^2} - m]$$

وهذه الأقنية الأمثل هيدروليكيا أقنية ضيقة وعميقة ولكن قيمة (β) لأقنية الري أكبر من (β) للأقنية الأمثل، أي إنَّ أقنية الري أعرض من الأقنية الأمثل. وعادة تُحدَّد قيمة (β) للري بالعلاقة:

$$\beta = 3(\sqrt[4]{Q}) - m$$

تعكس هذه العلاقة خبرة تصميم الأقنية ومع أن حجم الأعمال الترابية في هذه الحالة يزداد بعض الشيء عليه في الأقنية الأمثل هيدروليكياً، ولكن لهذه الأقنية بعض المحاسن:

- الأقنية العريضة أفضل من ناحية الإشراف، لأَن سطح المياه ينخفض في الأقنية العريضة بدرجة أقل عند خفض التصريف من الأقنية العميقة.
- تنفيذ الأقنية العريضة أسهل وأقل كلفة.
- زيادة (β) بمقدار كبير لا يؤدي لخفض السرعة إلا بمقدار صغير بالمقارنة مع السرعة الأمثلية هيدروليكياً.

إنَّ اختيار (β) تابع لنوع القناة. مثلاً إنَّ القسم الأجرد من القناة الرئيسية يُشقُّ في الحفر ولهذا من الأفضل أن تكون قيمة نصف القطر الهيدروليكي أعظمية أي أن المقطع أمثلي هيدروليكياً، وهذا يسمح بخفض الميل (مع المحافظة على السرعة المطلوبة)، وخفض الميل يؤدي إلى جر القناة إلى مناطق مرتفعة مما يزيد المساحة المروية. أما إذا كان الميل بسيطا فإنَّ زيادة (R) يؤدي لزيادة سرعة المياه، ومِن ثَمَّ سرعة إيصالها للحقول. إنَّ القسم المتفرع من القناة الرئيسية والأقنية المتفرعة عنها، وكذلك أقنية المزارع يجب أن يكون منسوب المياه فيها أعلى من سطح الحقول؛ لذا تُصمم على شكل أقنية نصفها في الحفر والنصف الآخر في الردم، ولهذا تؤخذ لها قيم عالية من (β)، وذلك تبعاً لشروط التنفيذ والاستثمار. كما أن (β) تتبع لميل القناة فعندما يكون الميل قليلا يجب خفض (β)، وذلك لزيادة (R) وسرعة الجريان ولعدم خفض إشراف القناة. أما عندما يكون الميل كبيراً فيجب زيادة (β) لخفض السرعة واختصار عدد المدارج على القناة.

ومن محاسن الأقنية العريضة:

- استقرارها أكبر على الجرف.
- إشراف المياه فيها أفضل.
- تنفيذها أسهل.

لكن لها بعض السيئات، منها:

- زيادة عرض الجسور، والمنشآت على هذه الأقنية.
- انخفاض سرعة الماء.
- إمكانية الإنبات فيها.
- تكسية مثل هذه الأقنية مكلفة.
- الجريان فيها غير منتظم على الأخص في المناطق المنحنية.

عند تحديد مقطع القناة يجب أَخْذ طريقة تنفيذ القناة بعين الاعتبار إضافة لما ذكر سابقاً. إذ إنَّ عرض القناة يمكن أن يُحدِّده عرض شفرة الآلية التي يتم بها حفر القناة.

بعد تحديد (β) تكون القيم الآتية معروفة، وهي (i,m,n,Q,β) أما القيم غير المعروفة فهي (b,h) ولما كانت (β) تربط هاتين القيمتين فيمكن اعتبار أن المجهول واحد، وهو إما (h) وإمَّا (b) وتصير معادلة الجريان المنتظم في الأقنية بالشكل الآتي:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{i}} = A \cdot C \cdot \sqrt{R}$$

$$K = \frac{1}{n}(\beta + m)\cdot(\frac{\beta + m}{\beta + 2\sqrt{1+m^2}})^{0.5+y} \cdot (h^{2.5+y})$$

أو:

بفرض $(y = 1/6)$

$$K = \frac{1}{n}(\beta + m)\cdot(\frac{\beta + m}{\beta + 2\sqrt{1+m^2}})^{0.66} \cdot (h^{2.66})$$

ومن هذه المعادلة يمكن تحديد (h) ثم نحدد (b) حيث $(b = \beta \cdot h)$؛ أما إذا كان الميل أقل من الميل على الإطماء والمقابل لسرعة الإطماء فيجب زيادة السرعة في القناة وذلك بتكسية القناة بتكسية منخفضة الخشونة أو بإعطائها ميلا أكبر من ميل سطح الحقل وهذا يتطلب ردماً كبيراً أو بتغيير مسار القناة لزيادة الميل. بعد حساب الأقنية يجب إجراء حالات التحقق الآتية :

- التحقق على الإطماء وذلك باعتبار: $\mathbf{Q_{min}}$، $\mathbf{n_{max}}$
- التحقق على الجرف: $\mathbf{Q_{n}}$، $\mathbf{n_{min}}$
- التحقق على الإشراف: $\mathbf{Q_{min}}$، $\mathbf{n_{min}}$
- التحقق على ارتفاع الأكتاف: $\mathbf{Q_{max}}$، $\mathbf{n_{max}}$

أما بالنسبة إلى السواقي فيجري التحقق على الجرف والإشراف فقط وذلك باعتبار (Q_n، n_{min}).

جدول (5–11)عامل الخشونة (n)

نوع القناة	عامل الخشونة	
	أقنية الري	أقنية الصرف
أقنية ذات تصريف أكبر من $25\ m^3/s$		
أ– في تربة حبيبية وغضارية	0.02	0.025
ب– تربة حصوية	0.0225	0.0275
أقنية تصريفها (1–25) m^3/s		
أ– تربة حبيبية وغضارية	0.0225	0.03
ب– تربة حصوية	0.025	0.0325
أقنية اقل من (1) m^3/s	0.025	0.035
أقنية دائمة ذات عمل دوري	0.0275	–
أقنية مؤقتة (سوافي)	0.030	–
أقنية صخرية ذات سطح جيد	0.02	0.025
أقنية صخرية دون نتواءات	0.03	0.35
أقنية صخرية ذات سطح له نتوءات	0.04	0.045
تكسية بيتونية ملساء	0.012	0.014
تكسية بيتونية خشنة	0.015	0.017
تكسية بيتونية مرفوعة	0.012	0.014
وصف صخري	0.02	0.025
تكسية بحجر منحوت، تكسية أسفلتية	0.013	0.017
تكسية صخرية مع مونة	0.017	0.03

3-2-5. مراحل تصميم وحساب أقنية الري :

من الأفضل تصميم وحساب أقنية الري ابتداء من الأقنية الحقلية، في هذه الحالة نستطيع أن نحدد الضياعات بدقة كما تحدد مناسيب الإشراف الضرورية لكل قناة؛ ولكن الذي يحدث في كثير من المشروعات أنه يجب تصميم الأقنية الكبيرة مع عدم وجود تصاميم للأقنية الصغيرة. و نعتمد التسلسل الآتي لتصميم وحساب الأقنية:

1- يُرسم المقطع الطولي للأرض الطبيعية في مسار القناة، ويحدد على هذا المخطط نقاط تفرع الأقنية المستجدة (الأقل درجة)، ونحدد في هذه النقاط تصريف وإشراف الأقنية ذات الدرجة الأدنى. ولما كان التصميم يجري لأقسام القناة ولما كان التصريف الصافي للقناة يساوي مجموع التصاريف في التفرعات مضافا إليها الضياعات على الأقسام السفلية للقناة ولهذا يُنصَح البدء من الأقسام السفلية للقناة.

2- نحدد (Q_n) للقسم المعطى، وكذلك تسطح سفوح القناة وعامل الخشونة وميل القناة، ومن ذلك نحدد أبعاد مقطع القناة.

3- نحدد الضياعات على هذا القسم وإذا كان عامل المردود أقل من عامل المردود المسموح به نقوم بتصميم تكسية للقناة وبعد ذلك نحدد تصريف القناة القائم.

4- بعد حساب التصريف القائم ندقق أبعاد القناة وميلها ونتحقق من شرط الجرف والإطماء.

5- نحسب Q_{min} ، Q_{max} وكذلك h_{max} ، h_{min} .

6- نحدد ارتفاع القمة وعرضها، وتسطح السفوح الخارجية للقمة وكذلك أماكن الأكتاف.

7- نرسم مخططاً طولياً للقناة، ونحدد عليه مناسيب المياه والمنشآت الضرورية على القناة مثل المدارج، المفيضات، الجسور المائية، العبارات، السيفونات، وغيرها. وكذلك المعطيات الهيدروليكية لكل مقطع حسابي (التصريف والسرعة وعمق المياه).

8- نحدد أماكن منشآت الحجر.

9- نرسم مقاطع عرضية للقناة في المناطق المميزة مثلا في أماكن الحفر والردم. ونصف حفر ونصف الردم ، ونحسب حجوم الأعمال الترابية، ونختار طريقة تنفيذ الأعمال. ويرسم على هذه المقاطع المقالع وأماكن الترحيل والطرق ومصدات الرياح وترسم التكسية بشكل مستقل. ومن ثَمَّ تُحدَّد كلفة إنشاء القناة.

5-3. الفواقد في أقنية الري وطرق التقليل منها:

إن المياه دعامة أساسية في كل تطور اقتصادي واجتماعي، وهي ثروة غزيرة تحتاج إلى الكثير من العناية والاهتمام سواء في دراستها أم في التخطيط لاستثمارها على أفضل وجه. وسورية بلد زراعي قامت بالعديد من المشروعات، وأنشأت الكثير من الأقنية، وهي بحاجة لتوفير كل قطرة ماء فيها والحد من التسرب والرشح من هذه الأقنية، وذلك عن طريق التبطين أو الإكساء.

5-3-1.المزايا المتوقع الحصول عليها عند إكساء أقنية الري:

1) توفير كبير في كمية المياه الضائعة بالرشح.

2) إمكانية استعمال مقاطع أصغر للأقنية، ومِن ثَمَّ توفير في تكاليف شق الأقنية ونفقات الاستهلاك.

3) الحصول على سطوح ناعمة تؤمن سرعة عالية وتصريفاً كبيراً.

4) تخفيض نخر جوانب الأقنية، ومِن ثَمَّ تخفيف الانهيارات.

5) إعطاء ميول أكبر للقناة، (بينما في الأقنية الترابية الصغيرة غير المكساة نضطر إلى إقامة مساقط مائية، ومِن ثَمَّ تزيد الإنشاءات الهندسية).

6) تحسين وسائل صرف المياه.

7) زيادة مردود الأقنية وإمكانية استثمار أراضٍ زراعية أكبر من الأقنية الترابية غير المكساة بسبب تخفيض كمية المياه الضائعة بالرشح.

8) الحيلولة دون جعل التربة الزراعية غارقة بالمياه الجوفية.

9) المحافظة على مقطع ثابت تقريباً نتيجة لعدم إمكانية نمو نباتات تُصغِّر مقطع القناة.

ومِن ثَمَّ يجب البحث بشكل جدي في وسائل وطرق إكساء أقنية الري لتقليل الرشح قدر الإمكان، ولا بدّ من معالجتها بشكل مفصل للوصول إلى نتائج مرضية. وتختلف الطريقة الأنسب للإكساء باختلاف الظروف والمنطقة، تبعاً لتوفر المواد وانخفاض التكلفة.

5-3-2. مواد إكساء الأقنية:

تتعدد طرق ومواد الإكساء، وتختلف بخصائصها الإنشائية والاقتصادية وإيجابياتها وسلبياتها وأهم هذه الطرق:

أولاً: الإكساء بالإسفلت

ثانياً: الإكساء بالبيتون الإسمنتي

ثالثاً: الإكساء بالبناء الحجري والآجر

رابعاً: الإكساء بالمواد الطبيعية

خامساً: طريقة استخدام المواد الكيميائية في الإكساء.

سادساً: الإكساء بالمواد البلاستيكية والأغشية المطاطية

أولا: طريقة الإكساء بالإسفلت:

الإسفلت: وهو عبارة عن خلائط معقدة من الفحوم الهيدروجينية ومشتقاتها غير المعدنية، وتتغير صفاتها الفيزيائية والميكانيكية بتغير الحرارة.

ومن أهم صفات الإسفلت:

a) عدم نفاذيته للماء.

b) المقاومة ضد تأثير الحموض والقلويات والسوائل والغازات الفعالة.

c) الالتصاق الجيد مع المواد الحجرية والخشبية والمعدنية.

d) إمكانية اكتساب اللدونة عند التسخين وزيادة اللزوجة عند التبريد.

وهذه الصفات تجعل من الممكن استخدامه في إكساء أقنية الري، حيث تستخدم بأحد الأشكال الآتية:

1- الإكساء بالإسفلت المنفوث بالهواء المضغوط.

2- الإكساء بالبيتون الإسفلتي.

3- الإكساء بإسفلت غشائي مسبق الصنع.

مزايا التكسية بالإسفلت:

1- كلفتها رخيصة.

2- أكثر مقاومة للتشقق من البيتون بسبب مرونتها.

3- التسرب قليل بالنسبة إلى بقية الأنواع.

سلبيات التكسية بالإسفلت:

1- يتطلب مهارة خاصة بالتنفيذ.

2- يسمح للنباتات والأعشاب باختراقه.

3- يتأثر بالحرارة.

ثانياً: **طريقة البناء الحجري أو الآجر في الإكساء**

1- الإكساء بالبناء الحجري:

تعتبر التكسية بالحجارة ذات كلفة عالية بالإضافة إلى إطالة الزمن اللازم لعملية التنفيذ؛ لأن رصف الحجارة لا يتم إلا بشكل يدوي. وتستخدم هذه الطريقة في المناطق التي تكثر فيها الحجارة حيث ترصف قرب بعضها البعض وتملأ الفراغات بين الحجارة بالمونة الإسمنتية التي تربطها بعضها ببعض.

2- التكسية بالقرميد (الآجر):

تراوح سماكة التغطية بالقرميد بحدود $(5-15cm)$، وتتم عملية التكسية برصف القطع الآجرية بعضها قرب بعض، وتصل بينها طبقة من المونة الإسمنتية أو تترك الفراغات بين قطع القرميد دون تعبئة، إذ بعد الانتهاء من عملية الرصف تغطى طبقة القرميد بطبقة من المونة الإسمنتية، ويستخدم القرميد ذوالأبعاد $(125cm*30*5)$. وأول استعمال لهذا النوع من التكسية كان في الولايات المتحدة مقاطعة تكساس سنة (1933) وكان القرميد المستعمل من النوع الفخاري من بقايا العمارات والأبنية. وتستعمل هذه التكسية على نطاق واسع في الهند وباكستان والصين لتوفر المواد الأولية وتوفر الأيدي العاملة الرخيصة. هذا وكان القرميد المستعمل من النوع الفخاري، وكان مقطع القناة بشكل نصف دائرة، وتركت فراغات بين بلاطات القرميد مُلِئَتْ بخليط من التراب والإسمنت.

ميزات استخدام الحجارة والآجر في التكسية:

1- تعتبر هذه الطريقة في التكسية مكلفة جداً، ولكن في حال توفر الأيدي العاملة الرخيصة والحجارة والآجر في المنطقة تكون الكلفة أقل.

2- تتطلب وقتاً وجهداً كبيراً لاعتمادها على العمل اليدوي.

3- العمر الطويل عند الاستخدام.

ثالثاً –الإكساء بالبيتون الإسمنتي:

إن البيتون الإسمنتي إمَّا أن يكون مصبوباً في المكان، أو مسبق الصنع، أو بيتوناً إسمنتياً عادياً، أو بيتوناً إسمنتياً مسلَّحاً:

البيتون الإسمنتي العادي المصبوب في المكان:

بعد الحصول على المقطع النهائي للقناة ترص التربة لقاع القناة وجوانبها بمدحاة يدوية أو آلية كي تأخذ التربة وضعها المستقيم. ثم تفرش جوانب وقاع القناة بطبقة من الحصى والرمل بسماكة $(5-10cm)$ ؛ ويصب بعد ذلك البيتون الإسمنتي بطريقة يدوية بالنسبة إلى الأقنية الصغيرة الثانوية والثلاثية إذ تستخدم في هذه الحالة القوالب العادية والمتنقلة الخشبية على الأغلب، وذلك عندما يكون ميل الجوانب أكثر من $(1/2.5)$ وذلك ليثبت البيتون في مكانه، أما إذا كان ميل الجوانب أقل من ذلك فلا ضرورة لاستخدام القوالب.

كما تُستخدم الطرق الآلية لصب البيتون على جوانب وقاع القناة في الأقنية العريضة والكبيرة، إذ تستخدم في هذه الحالة آلة خاصة حيث تسير هذه الآلة على قضبان حديدية مثبتة على جانبي القناة. وتكون سماكة طبقة التكسية $(5cm)$ في الأقنية الصغيرة وتصل إلى $(12-15cm)$ في الأقنية الكبيرة، وفي دراسات خاصة وفي ظروف إنشاء خاصة قد يزيد على ذلك.

وتتعرض طبقة الإكساء البيتوني إلى إجهادات معقدة نتيجة لتأثير تغيرات الحرارة أو الرطوبة لذلك نعمد إلى إنشاء فواصل تمدد عرضية في طبقة التكسية، وأحيانا فواصل طولية عند تغير ميل الجوانب أو في منطقة اتصال الجوانب مع القاع. إذ تراوح فتحة فاصل التمدد بين $(1-5cm)$ وتقدر المسافة بين فواصل التمدد بحدود $(1m)$ ، ويتم الوصل بين طرفي البيتون في فاصل التمدد بواسطة قطع نحاسية. وقد تستعمل مواد كتيمة مرنة لإملاء فاصل التمدد كالإسفلت أو المونة الإسمنتية ومن المعلوم أن الوصلات ذات

الصفائح المعدنية أكثر تعقيداً في التنفيذ وغالية الثمن، إلا أن استعمال الأنواع الأخرى من المواد كالإسفلت أو المونة الإسمنتية أسهل في التنفيذ وأقل كلفة.

وتتم عملية الصب بطريقتين:

- الأولى: يصب القاع أولاً ثم تصب الجوانب.
- الثانية: يصب القاع والجوانب معاً.

إلا أنه في الطريقة الأولى يجب الأخذ بعين الاعتبار عملية الاتصال الجيد بين القاع والجوانب. وبعد صب البيتون يتم الاتصال بين الفواصل بأحد الطرق بملء فاصل التمدد بمادة قابلة للانضغاط والتمدد. والمادة يمكن أن تكون بلاستيكية أو بيتومينية، ثم يكسى سطح التغطية بعد ذلك بطبقة مؤلفة من خليط الإسمنت والرمل الناعم جداً بسماكة تراوح بين $(0.3-0.5cm)$ ، ويجب أن تتوقف أعمال الصب أثناء الصقيع ويجب أن يرش البيتون بالماء مرتين في اليوم إحداهما صباحاً والأخرى مساءً.

إلا أنه في التربة الغضارية القابلة للانضغاط والانكماش والانتفاخ بفعل تغير الرطوبة فيها يؤدي إلى شقوق في التكسية البيتونية تؤدي إلى هروب المياه منها. وقد لوحظ أنَّ هذه الشقوق تكون طولانية على الغالب. وهناك حلان لتلافي هذه الشقوق:

الحل الأول: وذلك بتجهيز القناة بفواصل طولانية قد تخفف من عمليات التشقق؛ إلا أن مواضع هذه الفواصل تحدد تجريبياً.

الحل الثاني: تجهيز مقطع القناة بطبقة رملية حصوية ذات مقاسات متقاربة بسماكة $(10cm)$ توضع تحت الطبقة البيتونية، والغاية منها امتصاص الانتفاخ والتقلص في التربة الغضارية مع الطبقة البيتونية.

الصفات التي يجب أن يتمتع بها البيتون المصبوب:

a) يجب أن يكون جافاً قليلاً على نحوٍ يسهل صبه على الميول الجانبية.

b) يجب أن يكون لَدِناً لمقاومة أي هبوط يحصل في التربة.

c) يجب أن تحقق الخلطة البيتونية بعد (28) يوماً مقاومة على الضغط مقدارها: $(150 kg.f/cm^2)$.

d) يجب أنْ تُرصّ الطبقة عند صبها رصاً جيداً لتحقيق المقاومة المذكورة.

الإكساء بالبيتون المسلح المصبوب في المكان:

في الحالات التي يكون فيها تغيُّر الحرارة كبيراً أو عندما تكون التربة طينية قابلة للتشوُّه وقليلة الاستقرار يخشى من هبوط التربة وحصول تفريغ تحت البيتون مما يؤدي إلى كسره، ومِن ثَمَّ هروب المياه من القناة بشكل كبير.

لذلك يتم تسليح البيتون تسليحاً خفيفاً إنشائياً بحدود $(0.2-0.4\%)$ من مساحة المقطع. الأمر الذي يؤدي إلى تخفيف سماكة طبقة التكسية. أما وصلات الإكساء فتكون عادة على مسافات كبيرة أكبر مما هو عليه في حالة البيتون العادي أو دون وصلات. وهذا التسليح يكسب البيتون مقاومة ضد التشقق. إلا أنه يزيد كلفة الإكساء بنسبة $(10-15\%)$ بالإضافة إلى تعقيد عملية التنفيذ.

ميزات استعمال البيتون في التكسية:

أ- أكثر كلفة من أي نوع آخر من أنواع الإكساء. ولكن حياته الطويلة التي تمتد حتى (60) سنة وتكاليف الصيانة القليلة برهنت على أن استعمال البيتون في التكسية أكثر اقتصادية من غيره.

ب - ضياعات الماء قليلة إذا كان تنفيذ الأقنية جيداً.

جـ- أمثال الاحتكاك في حالة الإكساء بالبيتون أقل من حالة التربة المرصوصة أو الصخرية دون تكسية، الأمر الذي يؤدي إلى نعومة السطح، وهذا يؤدي إلى جعل المقطع أصغرياً

مما ينتج عنه توفير في تكاليف الحفريات. كذلك فإنَّ نعومة السطح تسمح بزيادة السرعة، ومِن ثَمَّ زيادة التصريف.

د- إنَّ الإكساء بالبيتون يحمي الجوانب من الانهيار ومن حفريات الحشرات والحيوانات الأرضية.

هـ- لا يسمح الإكساء البيتوني بنمو النباتات التي تعمل على تضييق المقطع، وضياع الماء بحادثة الانفضاج التبخري.

و- سهولة الصيانة.

سلبيات استخدام البيتون في التكسية:

أ -سماكة كبيرة نسبياً.

ب -يحتاج لفواصل تمدد أكثر من بقية الأنواع مما يزيد من الكلفة، ويعقِّد التنفيذ.

جـ- تسليحه يزيد الكلفة أيضاً بالإضافة إلى تعقيد عملية التنفيذ.

التكسية ببلاطات بيتونية مسبقة الصنع: إن استعمال البلاطات البيتونية المسبقة الصنع في التكسية يكون اقتصادياً عند استخدامها في الأقنية الصغيرة والأقنية الثانوية، ويجري وضع القطع المسبقة الصنع باليد على نحوٍ تتداخل النتوءات لأحد أطراف القطعة مع الأقسام المجاورة المقعَّرة من نفس الشكل للنتوءات في القطعة الأخرى وتملأ الفراغات بين القطع بالمونة الإسمنتية. وتستخدم قطع من أبعاد متنوِّعة منها:

أ- الطول ($60cm$) . العرض ($20cm$) . الارتفاع ($5cm$) .

ب- الطول ($60cm$) . العرض ($30cm$) . الارتفاع ($5cm$) .

وهناك أنواع من البلاطات تكون مسلحة بشبكات تسليح (واحدة أو اثنتين).

مزايا التكسية ببلاطات بيتونية مسبقة الصنع:

a) تعتبر أفضل طريقة لإكساء الأقنية وتستخدم في المناطق الباردة. إذ إنَّ تصلب البيتون المصبوب في المكان بشكل رديء في هذه المناطق؛ إذ إنَّ تحضير البلاطات البيتونية في المصنع بشكل مسبق وبدرجة الحرارة المناسبة للتصلب يعطيها ميزة حسنة لتبطين الأقنية في المناطق الباردة.

b) إن تحضير البلاطات البيتونية في المصنع بشكل مسبق تفتح المجال لإعطاء سطوحها نعومة فائقة بشكل لا يمكن تأمينه عند الصب في موقع العمل. وإنَّ تحقيق هذه النعومة تُمكِّن من زيادة السرعة في القناة، ومِن ثَمَّ زيادة التصريف. كما أن زيادة السرعة المارة في القناة تؤدي إلى منع الترسبات وخاصة إذا كانت المياه حاملة لمواد الطمي.

c) إمكانية السرعة في التنفيذ.

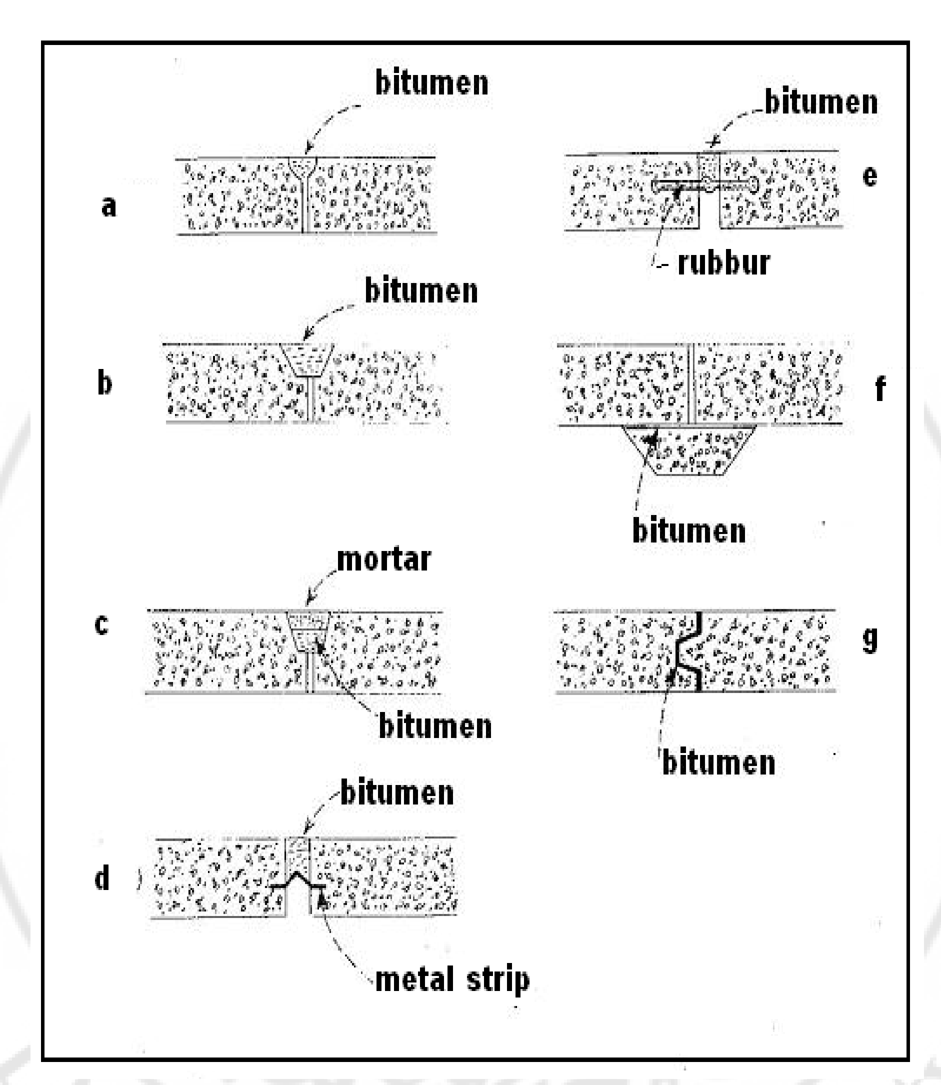
d) سهولة الصيانة، وكذلك فإنَّ عملية الإصلاح والصيانة لهذا النوع لا تسبب في قطع جريان المياه في القناة لمدة طويلة.

سلبيات استخدام البلاطات البيتونية المسبقة الصنع في التكسية:

أ- كثرة عدد الفواصل لكثرة عدد القطع؛ الأمر الذي يتسبب في زيادة الترسب وزيادة نفقات الصيانة، ويبين الشكل (5-16) نماذج مختلف للفواصل.

ب- كلفة كبيرة.

هذا وفي الأقنية التي تمر في مناطق رملية حيث تتمتع بقابلية نفوذ كبيرة يمكن استعمال الإكساء بواسطة بلاطات رقيقة مسلحة، وتراوح مساحة البلاطة الواحدة ($1.5m^2$)، وتُملأ الفراغات ما بين البلاطات بالبيتومين.



شكل(5–16) نماذج مختلفة لأنواع الوصلات في الأقنية

وقد استعمل منذ أكثر من عشرين عاماً في المغرب نوعان من البلاطات المسبقة الصنع لإكساء الأقنية الرئيسية ذات الغزارات $(1.5-3.5m^3/\sec)$.

النوع الأول: بأبعاد $(7*25*50cm)$، ووزن البلاطة $(30kg)$ وعيار الإسمنت $(300kgf/m^3)$. إذ وُضع الضلع الأول باتجاه محور القناة ووضعت الفراغات باتجاه واحد

ومتصل. وملئت الفراغات بالإسمنت. أما بالنسبة إلى الفواصل العرضية فقد ملئت بالبيتومين.

النوع الثاني: بأبعاد $(300cm*80*7)$ حيث تمَّ التسليح في الاتجاه الطولي والعرضي.

ملاحظات حول التكسية بالبيتون:

1) من الضروري ألاَّ تتشكل أيّ هبوطات في القناة المكساة، ولهذا يجب أن تتخامد كل هبوطات التربة قبل تغطية القناة. ولهذا السبب يجري ملء القناة بالمياه قبل تغطيتها.

2) في حال مرور القناة في تربة ضعيفة يصار إلى فرش طبقة من الرمل تحت التكسية بسماكة $(10-12.5cm)$. وفي المناطق السيئة جداً يُستعاض عن الرمل بالحصى. إذ إنَّ طبقة الرمل أو الحصى هذه تعطي السطح شكلاً مستوياً وتشكل طبقة صرف تحت الغطاء.

3) في منطقة التحام تكسية السفح مع تكسية القاع يعمل إلى زيادة سماكة التكسية على نحوٍ تشكل منطقة ارتكاز لتكسية السفح وذلك لتحاشي انزلاق هذه التكسية.

4) عندما تكون المياه غير كافية، وفي الظروف الجيولوجية المعقدة كأن تكون هناك منشأة مدنية مهمة مبنية قرب القناة على تربة ضعيفة، يُلجأ لتغطية من طبقتين بيتونيتين تفصل بينهما طبقة كتيمة من صفائح لدنة أو من إسفلت بسماكة $(0.5cm)$.

5) إذا تقاطعت القناة المكساة مع طبقة مياه جوفية فيجب إنشاء مصرف لتصريف المياه من تحت التغطية، وإلا فإنَّ هذه المياه ستضغط على الغطاء في حال تجمدها مما سوف يؤدي إلى تخريب التكسية. وتوضع أنابيب الصرف في هذه الحالة على عمق $(30-50cm)$ تحت قاع القناة، ويبلغ قطر هذه الأنابيب بحدود $(10-12cm)$.

6) تستعمل بلاطات بيتونية مسبقة الصنع من طبقة واحدة أو من عدة طبقات لتكسية الأقنية وذلك في الحالات الآتية:

a) عندما تُسَوِّغ الدراسة الاقتصادية – الفنية استعمال البيتون المسلح المسبق الصنع.

b) عندما يتطلب استعمال تغطية ذات ديمومة مديدة.

c) عند مَدِّ شبكة ري في مناطق جافة وذات حرارة عالية على نحوٍ يصعب بناء تكسية بيتونية جيدة.

d) عند وجود قاعدة صناعية جيدة مما يساعد على تحاشي العمل الفصلي.

e) عند البناء في مناطق بعيدة أو غير مأهولة.

7) عند استعمال صفائح لدنة بلاستيكية لمنع التسرب من الأقنية تستعمل بلاطات بيتونية مسبقة الصنع بطبقة حماية لهذه اللدائن.

8) التكسية المسبقة الصنع تستعمل بلاطات طولها $(4-9m)$ وعرضها $(0.3-3m)$.

ويمكن الحصول على نوعية جيدة للبيتون بواسطة الرش، وذلك عندما ترش المونة الإسمنتية على السطح البيتوني بواسطة مضخة بضاغط (2.5) ضغطاً جوياً، حيث تمتزج المركبات الجافة مع الماء في رأس القاذف، وتخرج منه مونة جاهزة، تترك هذه الطينة في حالة رطبة لمدة: $(4-3)$ أسابيع.

رابعاً: التكسية بالمونة الإسمنتية: يستخدم هذا النوع من الإكساء للأغراض الآتية:

- لزيادة كتامة الإكساءات الأخرى.
- لتقليل خشونة جدران التكسية.
- أو أن يكون هذا الإكساء قائماً بذاته.

ويتم الإكساء بطريقتين:

- الإكساء بشكل طبقة سماكتها $(1.5-5cm)$ للسطح المراد إكساؤه، ويكون عيار الإسمنت بالنسبة إلى الرمل: (1) إلى (1.5) أو (1) إلى (2).

- الإكساء على شكل طبقتين أو ثلاث طبقات، سماكة كل طبقة $(0.5-1.5cm)$ وبفاصل زمني بين كل طبقة وأخرى يراوح بين يومين إلى ثلاثة أيام.

خامساً- التكسية بالبخ (بالرش): التكسية بالبخ هي الطريقة المطبقة في مونة الإسمنت البورتلاندي بواسطة الهواء المضغوط (حيث تنتشر المونة الإسمنتية وتقذف بالمكان). وتستعمل هذه الطريقة بكثرة للتكسية، لأن الأجهزة المستعملة صغيرة وسهلة الحركة، وهذه الطريقة سهلة جداً أو مناسبة جداً لأعمال الإنشاء والإصلاح في المشروعات الصغيرة وللأقنية الثانوية وللسطوح ذات المنحنيات القاسية، وتستعمل بكثرة للسطوح غير المنتظمة التي تكون تسويتها مكلفة جداً كما في المقاطع الصخرية، وتستعمل بكثرة أيضاً في السطوح المتشققة كثيرة التسرب.

مزايا التكسية بطريقة بخ مزيج الإسمنت والرمل:

a) الأجهزة المستعملة للبخ صغيرة وسهلة الاستعمال، وتتميز بسهولة جيدة في الحركة.

b) تعتبر طريقة مناسبة جداً لأعمال الإنشاء والإصلاح في المشروعات الصغيرة وفي الأقنية الثانوية.

c) يمكن أن يُستخدم الإكساء على السطوح غير المنتظمة التي تحتاج إلى تسوية مكلفة جداً في المقاطع الصخرية، إذ إنَّ تنفيذ عملية التكسية بالبيتون الإسمنتي تتطلب تسوية دقيقة لسطح القناة، ويؤدي وجود الفراغات تحت طبقة التكسية بالبيتون الإسمنتي إلى زيادة كمية البيتون في التسوية غير الدقيقة.

d) تسمح بمقاومة الانزلاق؛ لأن المونة تمتد على جانبي القناة بطول كاف.

e) -سماكة التكسية بهذه الطريقة أقل من سماكة التكسية بالبيتون.

السلبيات على استخدام هذه الطريقة:

1) لا يمكن الحصول بسهولة على سماكة واحدة للتغطية ولا سيّما في التسوية غير الدقيقة لسطح القناة؛ الأمر الذي يتطلب أيدي ماهرة وفنية في تنفيذ العملية.

2) لسماكتها الصغيرة فإنَّها تتطلب رصاً جيداً لتربة سطح القناة.

3) معدل السرعة في العمل بطيء نسبياً.

4) لما كانت مادة التغطية تتألف من الرمل والإسمنت فإنَّ السطح النوعي للرمال أكبر منه في خليطة الحصى والرمل والإسمنت في البيتون الإسمنتي، مما يتطلب كمية أكبر من الإسمنت، وذلك لتأمين تغليف جيد لسطوح الذرات الرملية.

سادساً: الإكساء بالمواد الطبيعية: تعتبر هذه الطريقة في الإكساء أكثر الطرق اقتصادية، إذ تقلل من تسرب المياه، وتعمل على تثبيت الأتربة على جوانب القناة.

ولتحقيق نوع التكسية الاقتصادية والجيدة بالمواد الطبيعية هذه يقتضي الأمر رص التربة بمداحٍ يدوية أو آلية. وذلك بهدف إنقاص الفراغات في التربة لأن ذلك يسبب نقصاً في قابلية النفوذ، ومِن ثَمَّ تخفيض الكميات الضائعة من المياه بالرشح، ويتم تحقيق ذلك إذا تم الوصول بالتربة إلى الكثافة الجافة العظمى التي تتحقق عندما تصل درجة الرصِّ الأصولية الموافقة لدرجة الرطوبة المثلى الأصولية.

وتشمل أنواع الإكساء بالمواد الطبيعية ما يأتي:

1 - التكسية الترابية الرقيقة والمرصوصة.
2 - التكسية الترابية السميكة والمرصوصة.
3 - التكسية بالتربة الطينية الرخوة.
4 - التكسية العفوية الناجمة عن الرواسب الوحلية.

5 -تثبيت وضغط التربة الأساسية بالطرق الطبيعية.

6 -تكسية إسمنتية مع التربة.

سابعاً: طريقة استخدام المواد الكيماوية في الإكساء : يمكن استخدام بعض المواد الكيماوية لتثبيت تربة سطح القناة كالأصماغ المعالجة بطريقة خاصة وبشكل مسحوق. إذ تضاف هذه الأصماغ إلى التربة الحاوية على مواد كلسية ومزجها معاً ثم ضغطها على سطح القناة بالأسلوب نفسه المستخدم للتكسية بمزج الإسمنت والتراب. وتساعد هذه المواد الصمغية على عدم تسرب المياه من سطح القناة. وإن كمية الصمغ المطلوبة لتثبيت التربة تتوقف على نوعية هذه التربة، وتراوح بين $(1-3\%)$ وبما أن وجود الأصماغ الراتنجية في التربة يجعلها ترفض المياه، لذلك يجب أن تبلل التربة بالمياه قبل إضافة الأصماغ إليها. وتحتاج التربة $(12-30\%)$ من الرطوبة.

يمكن استعمال الصوديوم ومركباته في تقليل النفاذية، ولهذه الغاية يمكن استخدام كلور الصوديوم الذي يوضع على سطح القناة المسوَّاة ثم يُغطَّى بطبقة ترابية بسماكة $(15-30cm)$ ؛ وذلك للتخفيف من عملية انحلال كلور الصوديوم بالماء. وأثبتت التجارب أن الكمية المثالية تبلغ نحو $(4kg/m^3)$. وهذه الطريقة على قلة كلفتها تكمن خطورتها في تحويل المياه العذبة إلى مالحة مما يؤدي إلى ملوحة التربة.

كما يمكن استخدام أملاح الصودا $(NaOH)$ في إكساء أقنية الري، لأنها تشكل طبقة لزجة وهلامية على سطح القناة تخفف من الرشح. ويمكن تغطيتها بطبقة ترابية بسماكة $(10-15cm)$ لحمايتها من الانجراف؛ هذا ولتقوية التربة وتثبيتها بالمواد الكيميائية عدة مزايا حسنة منها:

أ- بساطة الطريقة.

ب- جودة المواصفات الفنية للتربة المقواة.

ج - صغر الكمية اللازمة للتقوية.

ثامنا: الإكساء بالمواد البلاستيكية والأغشية المطاطية المسبقة الصنع: تستخدم الآن أنواع مختلفة من المواد البلاستيكية والأغشية المسبقة الصنع في إكساء أقنية الري وأكثر هذه المواد شيوعاً.

أ- مادة كلوريد البولي فينيل البلاستيكي

$(P.V.C)$ *plasticized – polyvinyl – chloride*.

ب- البولي أتيلن البلاستيكي *poly ethylene*.

جـ - مطاط البوتيل *butyl*.

والأنواع الثلاثة عبارة عن أغشية مرنة تفرش على سطح القناة بعد تسويتها بشكل جيد. وتعتبر هذه الوسيلة للإنشاء من أفضل الطرق لمنع الرشح من سطح القناة لكنها أكثر كلفة.

ولقد تحسنت مؤخرا قوة مقاومة (PE) إلا أنه أكثر هذه الأنواع عرضة للتأثر بأضرار الشمس. أما من ناحية التنفيذ والتكاليف يبقى (PE) أقل كلفة من النوعين الآخرين في تبطين أقنية الري. أما مادة $(P.V.C)$ فهي عبارة عن غشاء بلاستيكي يكون ملفوفاً على دولاب بشكل أسطواني، ويتم مده على سطح القناة بعد تسوية هذا السطح وتنعيمه حتى لا يؤدي إلى تمزيق الغشاء، ويكون هذا الغشاء بأطوال مختلفة، إذ يقوم عمال التبطين بوصل طرفي كل غشاءين متتاليين بمادة لاصقة مائعة أو بواسطة شريط لاصق، ويتم اللصق على نحوٍ يتراكب الطرفان بعضهما على بعض بمقدار $(5-10cm)$ من كل طرف.

ولكي تكون عملية التطبيق ناجحة تماما يجب أن يُغطى الغشاء البلاستيكي بالتراب أو الرمل بأسرع ما يمكن بعد مد الغشاء وذلك لتلافي تشوه الغشاء أو تغير أبعاده

نتيجة ارتفاع درجة الحرارة في النهار. ولا يجوز تغطية الغشاء بالحصى وحدَه حتى لا يؤدي إلى تمزيق الغشاء.

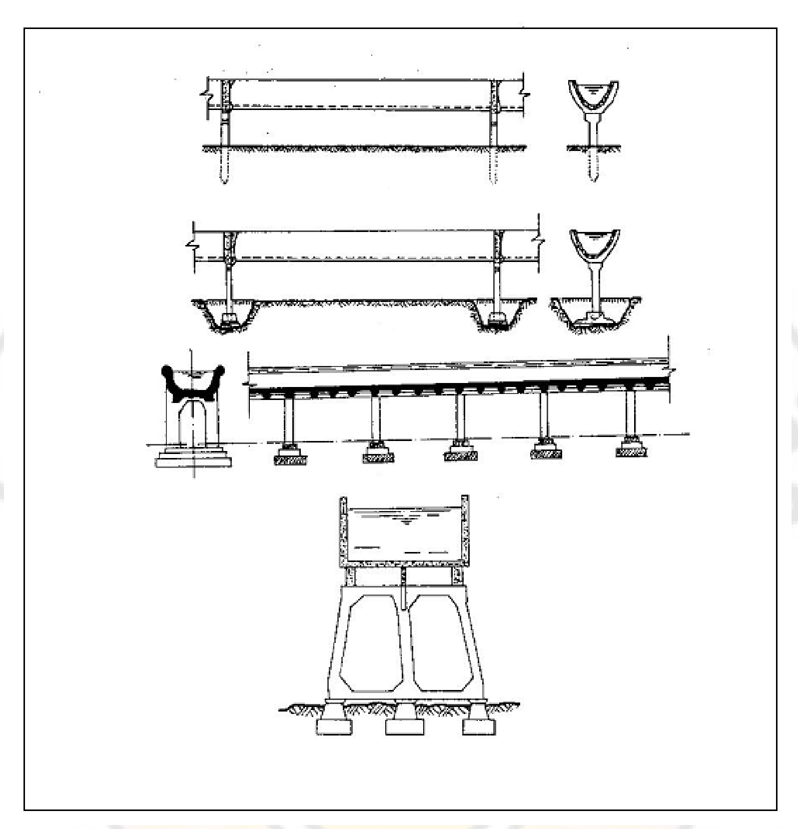
الأقنية المحمولة (المرفوعة): تستعمل الأقنية المحمولة في مناطق تلاقي الأقنية مع المواقع المنخفضة، وذلك في المناطق ذات التضاريس المعقدة، وكذلك في المناطق الصخرية والترب ذات النفاذية العالية وكذلك التي تعطي هبوطات عالية. يمكن أن تكون هذه الأقنية ذات مقطع بشكل شبه منحرف أو مثلث أو مستطيلة أو نصف دائرية أو قطعية مكافئة أو ناقصة، وتصنع هذه الأقنية من بيتون مسلح أو من بيتون مسبق الإجهاد.

تقام هذه الأقنية على مساند صغيرة أو متوسطة أو مرتفعة، والمساند يمكن أن تكون ظاهرة أو مغمورة بالتراب، يحدد عمق تثبيت المساند في الأرض على نحوٍ تتحمل القوى الأفقية الناتجة عن الرياح، شكل (5-17).

كما تؤثر القوى الأفقية الناجمة عن الرياح على المسافة بين المساند، إذ إنَّ زيادتها في منطقة تأثير الرياح تتطلب زيادة عمق تثبيت المساند، وهنا أيضاً يجب تحقيق التوازن الاقتصادي بين الكلفة الناجمة عن زيادة عدد المساند وبين كلفة أعمال الحفر الإضافية وزيادة حجم المساند.

أضف إلى ذلك القوى الأفقية الطولية الناتجة عن جريان الماء في القناة التي قد يكون تأثيرها كبيراً للسرعات العالية للجريان في هذا النوع من الأقنية.

تراوح المسافة الاقتصادية بين مسندين متتاليين $(6-8m)$، وتُؤخذ سرعة الماء بين $(0.3-1.5m/\sec)$؛ على نحوٍ تضمن نقل مواد الطمي وعدم ترسيبها على قعر القناة. عند القيام بتنفيذ الأعمال، يمكن اعتبار سيلان الماء من خلال مناطق الوصل معدوماً.



شكل (5–17) بعض أشكال الأقنية المحمولة

تتميز الأقنية المحمولة بالمميزات الآتية:

1– إن هذه الأقنية مستقرة وكتيمة وظاهرة مما يسهل عمليات المراقبة والإصلاح.

2– عامل استثمار الأراضي كبير كونها لا تحتاج لتشكيل ردم.

3– كلفة إنشاء الأقنية أقل من كلفة إنشاء أقنية مصبوبة في المكان.

4– عناصر الأقنية تصب في المصنع مما يوفر في الجهد المبذول.

5– طول هذه الشبكة قصير نسبياً.

6– إشراف هذه الأقنية كبير وكافٍ للري بواسطة الأنابيب.

الأنابيب المغلقة: هي الأكثر فعالية ضد التسرب والضياعات، تستعمل لبناء وتصميم شبكات الري المغلقة والمركبة (أنابيب + أقنية مفتوحة)، وقد وجد هذان الشكلان انتشاراً واسعاً لانعدام الضياعات بالتسرب والتبخر وتبقى الضياعات التقنية فقط (تسرب الماء من السكورة والصمامات ومن الشقوق في جدران الأنابيب). إن عامل كفاءة الأقنية ذات الدرجة الثانية والثالثة هو (0.98 – 0.90) .

وتبقى مشكلة ضياعات الماء (الفواقد) بواسطة الرشح قائمة بالنسبة إلى الشبكة المركبة حيث تغذى أنابيب الري من القناة الرئيسية أو القناة الموزعة وعامل الكفاءة لمثل هذا النوع من الشبكات المركبة يعادل (0.92 – 0.88) ، وبشكل عام، يعتبر عامل كفاءة الشبكات المغلقة أو المركبة (حيث الأقنية ذات الدرجة الثانية والثالثة هي أنابيب) عالياً جداً وهي من أفضل الأنظمة هندسياً واقتصادياً.

أما بالنسبة إلى فواقد الري من الحقول الزراعية، ومِن ثَمَّ عامل استعمال الماء، فعلمياً ليس لها علاقة بنوعية وتصميم شبكة الري كوحدة كاملة (مغلقة أو مركبة) والعامل المحدد في هذه الحالة هو طرق وتكتيك السقاية. ومن الممكن أن تتساوى الفواقد من الحقول الزراعية في هذه الحالة مع الفواقد في حالة تصاميم أخرى (شبكات ري مفتوحة).

عند نقل مياه الري إلى الحقول باستعمال الأقنية المغلقة يمكن توزيعها كما هو الحال في الشبكات المفتوحة بواسطة الأنابيب المؤقتة ومنها إلى خطوط الري أو المصاطب للسقاية بالراحة أو بواسطة أجهزة الرش، وفي هذه الحالة فإنَّ عامل استعمال الماء يبقى كالسابق، لكن استبدال الأقنية المؤقتة المفتوحة بأنابيب مغلقة أو بخراطيم لدنة موصولة بحنفيات الأنابيب المغلقة فيزداد عامل استعمال الماء.

عندما تكون أقنية الري المغلقة ثابتة فالفواقد بالتسرب والارتشاح تنعدم عملياً، وتشمل الضياعات فقط كميات الماء المتبخرة من سطح الحقول المروية أو خلال الري بالرذاذ والكمية المتبخرة متغيرة، وتتعلق بنسبة الرطوبة ودرجة الحرارة وبسرعة الرياح.

وتستعمل الشبكة المغلقة في الظروف الطبوغرافية المعقدة وفي المناطق ذات النفاذية العالية، و الهبوطات العالية، وعندما يكون منسوب المياه الجوفية قريباً من سطح التربة، وكذلك عندما يكون توفر المياه غير كافٍ.

اختيار نوع وطرق الإكساء:

يجب أن نأخذ العوامل الآتية بالحسبان عند اختيار نوع وطريقة الإكساء:

-عوامل طبيعية وتشمل:

أ – العوامل الجوية (حرارة – رطوبة – رياح..)

ب – طبيعة ونوع التربة التي ستنشأ عليها القناة.

جـ – طبوغرافية المنطقة.

-عوامل فنية وتشمل:

أ – توفر الأيدي العاملة الفنية.

ب– المواد الأولية المحلية المتوفرة.

جـ– إمكانية استعمال الآليات الحديثة في التكسية ومدى توفرها.

د– فعالية مواد التكسية في منع الرشح.

– عوامل اقتصادية وتشمل:

أ– أسعار مواد التكسية المختلفة.

ب– تكلفة وتنفيذ وإنشاء كل طريقة مقترحة.

جـ– تكلفة الصيانة لكل طريقة من الطرق.

د – العمق الفعلي لمادة تكسية القناة.

وبمطابقة العوامل الطبيعية للمنطقة المدروسة والعوامل الفنية الاقتصادية مع مميزات كل طرق الإكساء يمكن اختيار طريقة الإكساء. ففي سورية مثلاً يستخدم البيتون الإسمنتي في إكساء أقنية الري على نطاق واسع؛ لتوفر المواد الأولية اللازمة لها، ولبساطة التنفيذ، وتوفر الأيدي العاملة اللازمة، مع أن كلفة الإكساء عالية جداً في حين يستخدم الآجر في الهند على نطاق واسع في إكساء أقنية الري؛ لتوفر المواد الأولية اللازمة ورخص الأيدي العاملة. بينما تستخدم الولايات المتحدة الأمريكية المواد البلاستيكية $(P.V.C)$ لفاعلية هذه المادة في منع الرشح إضافة لسرعة وسهولة التنفيذ بالرغم من ارتفاع التكلفة.

كذلك يستخدم الإسفلت في الولايات المتحدة على نطاق واسع لتوفر المادة الأولية وسهولة وسرعة التنفيذ وإمكانية استخدام الآلات في الرص وانخفاض الكلفة الإجمالية.

إكساء أقنية الري في سورية:

يمكن القول: إنَّ أغلب الأقنية في سورية الرئيسية والفرعية والثانوية تم إكساؤها بطبقة من البيتون الإسمنتي، بسماكات قي حدود $(5-12cm)$ ففي الأقنية الصغيرة في المشروع الرائد بالفرات التي لا يتجاوز التصريف فيها $(4m^3/\sec)$ تم الإكساء بطبقة من البيتون لا تزيد سماكتها على $(10cm)$ أما الأقنية الكبيرة التي يزيد فيها التصريف على $(20m^3/\sec)$ تمت التكسية بطبقة بيتونية سماكتها $(12cm)$ تقريباً.

أما فواصل الإنشاء والتمدد يتباعد بعضها عن بعض بمسافات تقرب من $(3m)$ للأقنية الصغيرة و $(4m)$ للأقنية الكبيرة، حيث تكون سماكة التبطين $(10cm)$، وتملأ هذه الفواصل بمادة إسفلتية مطاطية. وعلى أن المواد الأولية المستخدمة للإكساء البيتوني لأقنية الري في سورية هي مواد متوفرة محلياً. ولا يستخدم التسليح في الإكساء إلا في حالات نادرة جداً خاصة حين تكون التربة ذات نسبة طين عالية وقابلة للانتفاخ

والانكماش فإنَّ كلفة الإكساء بالبيتون الإسمنتي هي عالية جداً نسبياً، وتقترب عادة من (40%) من كلفة إنشاء شبكات أقنية الري، لهذا لا بُدّ من البحث عن مواد إكساء أخرى يمكن أن تحل محل البيتون الإسمنتي شريطة تمتعها بكتامة عالية وكلفة منخفضة.



الفصل السادس

الصَّرْف واستصلاح الأراضي

6–1. أهمية الصَّرْف

تعد عمليات استصلاح الأراضي من أهم عناصر صيانة التربة والمحافظة على مواصفاتها الجيدة، كما أنَّ هدف وغاية عمليات الاستصلاح هو تحسين مواصفات التربة وجعلها صالحة للإنتاج الزراعي. والصَّرْف هو الوسيلة أو العملية التي يمكن بها التخلص من المياه الزائدة على حاجة النبات فوق وتحت سطح التربة.

تشكل الفراغات في التربة الطبيعية نحو (50%) من حجمها، كما تكون المواد الصلبة المعدنية والعضوية باقي الحجم، والمفروض أن يشغل الهواء (20 %) من الحجم، وأن يشغل الماء (30%) منه، ولكن كثيراً ما تطغى المياه على حيز الهواء وهنا لا بدّ للتربة من وسيلة لصرفها، ويعتبر صرف الأراضي الزراعية عاملاً رئيسياً وأساسياً من أجل تحقيق الفوائد الآتية:

1. زيادة إنتاج المحاصيل الزراعية، وقد دلت التجارب أن إنتاج المحاصيل الزراعية الأساسية القطن، القمح، الذرة، تزيد بمقدار يراوح مابين (22-35%) عند تنفيذ مشروعات الصَّرْف.
2. تحسين نوع الإنتاج ونوع المحاصيل وزيادة كفاءة عمليات الخدمة الزراعية.
3. تحسين خواص التربة حتى يمكن زراعة محاصيل ذات قيمة اقتصادية أعلى وذلك للأسباب الآتية:

   a) إزالة وتخفيف الأملاح الضارة بالتربة.

b) زيادة المجال الذي تنشر فيه الجذور بخفض مستوى الماء الأرضي.

c) تحسين تكوين التربة مما يؤدي إلى زيادة نشاط بكتريا التأزّت وبكتيريا تثبيت الآزوت غير العضوية، وتثبيط أو إيقاف اختزال الآزوت وزيادة سرعة تحلل المواد العضوية بالأرض إلى مواد صالحة لتغذية النباتات.

d) ارتفاع درجة حرارة التربة لانخفاض المحتوى المائي فيها.

e) زيادة سهولة خدمة الأرض ولاسيما الأرض الطينية.

وتختلف أهمية الصَّرْف وأغراضه حسب المنطقة المراد صرفها أو إنشاء شبكة الصَّرْف فيها كما يأتي:

أ– في المناطق الرطبة وتحت الرطبة Humid and sub humid regions:

تُعرَّف المنطقة الرطبة بأنها المنطقة التي يبلغ مجموع الأمطار الهاطلة عليها من (1000*mm*) إلى (1500*mm*) سنوياً. أما المنطقة تحت الرطبة فهي التي يبلغ مجموع الأمطار الهاطلة عليها (500–1000*mm*) سنوياً. أما المنطقة المبللة أو الرطبة ج داً هي التي يزيد مقدار هطول الأمطار عليها على (2000*mm*) سنوياً.

وأغراض الصَّرْف في مثل هذه المناطق هي:

- التخلص من المياه الزائدة نتيجة الجريان السطحي بفعل العواصف أو مياه الري.
- التخلص من المياه تحت سطح الأرض Under ground water حتى لا يرتفع منسوبها إلى منطقة جذور النباتات.
- تسهيل عمليات الحرث بتخفيف القشرة السطحية للتربة.
- منع وتفادي حدوث أي انجراف قد ينتج من جريان المياه واندفاعها على سطح الأرض.

- تحسين بناء وخواص التربة ولاسيّما ما يتصل منها بعمليات التهوية والأكسدة والحرارة وعلاقتها بالبكتريا ، أي تحسين خواص التربة الميكانيكية والكيماوية والحيوية والطبيعية والتي تعتمد على المحتوى الرطوبي للتربة.

ب- في المناطق الجافة والنصف جافة تحت الإصلاح

Arid and Semiarid regions under reclamation:

تُعرف المنطقة الجافة بأنها المنطقة التي يقل مجموع سقوط الأمطار عليها عن $(250mm)$ في السنة. وتعرف المنطقة نصف الجافة بأنها المنطقة التي يراوح مقدار الهطول المطري فيها من $(250-500mm)$ سنوياً.

وأغراض الصَّرْف في هذه المناطق:

1) تقليل المحتوى الرطوبي للطبقات السطحية ؛ وذلك بخفض منسوب المياه الأرضية المالحة مع خفض تركيز الأملاح بها حتى لا يتجاوز من $(1-3gr/lit.)$.

2) خفض مستوى ملوحة التربة بمنطقة جذور النبات حتى يصير تركيز الأملاح أقل من $(0.2-0.3\%)$ وحتى لا يزيد تركيز إيونات الكلوريد على (0.01%) .

3) الموازنة بين الأملاح الداخلة إلى قطاعات التربة مع مياه الري وغيرها من مياه وبين الأملاح الخارجة من قطاعات التربة مع مياه الصَّرْف أو مع مياه أخرى.

4) التحكم في مياه الصَّرْف التي تخرج من قطاع التربة ومناسيبها.

ج- المناطق الجافة ونصف الجافة التي تم استصلاحها:

وأغراض الصَّرْف في هذه المناطق هي:

1) المحافظة على التهوية اللازمة للتربة بالسماح للهواء بغزو واقتحام المسام بسهولة ، وكذلك السماح لثاني أكسيد الكربون (CO_2) بالخروج من منطقة جذور النباتات إلى سطح الأرض.

2) منع إعادة تمليح (الملوحة) التربة والمحافظة على مستوى ملحي معين حتى لاتؤدي زيادته إلى ضرر النباتات.

3) قد تستخدم المصارف لإمداد التربة بمياه الري.

4) قد تستخدم المصارف كوسيلة للري تحت السطحي أو الري الجوفي.

5) الصَّرْف وسيلة للتخلص من المياه الراكدة التي تساعد على انتشار كثير من الأمراض مثل البلهارسيا والانكلستوما والملاريا.

6-2. أسس و قواعد الصَّرْف-العوامل المؤثرة في الصَّرْف:

هناك عدة عوامل تؤثر في صرف الأتربة الزراعية منها:

أ- الإمداد المائي Water Supply: إنَّ الإنسان في الواقع لا يستطيع التحكم الكامل في الماء المضاف والمستعمل حيث يحدث فَقْد في الماء أثناء التوصيل ، وكذلك فإن من الصعب عليه إضافة الكمية المناسبة واللازمة لنمو النباتات بدقة. وغالباً ما يضيف المزارع ماء أكثر مما تحتاج الأرض إليه.

وقد يضطر المزارع أن يضيف ماء أكثر من حاجة النباتات وهو ضرورة غسيل الأملاح المتراكمة في القطاع نتيجة التبخر من سطح الأرض وامتصاص النباتات للماء بمعدل أكبر من الأملاح، وهنا لا بدّ من إجراء حصر لمنسوب الماء الأرضي وتذبذبه مع الزمن في المنطقة التي تعاني هذه المشكلة.

ب- خصائص الأتربة Prosperities of Solis: تختلف الأتربة كثيراً في طبيعة صرفها ، فمنها سهل الصَّرْف ومنها صعب الصَّرْف، وبصورة عامة فإن الأتربة الخشنة القوام تصرف بسهولة أكثر من الأتربة الناعمة القوام. وتتألف الأتربة من طبقات متمايزة من السلت والطين. وقد تتوضع الطبقات الطينية فوق أو تحت طبقة من الرمل الخشن القوام، لذلك من الضروري دراسة القطاع لتحديد الطبقات المنفذة للماء فتتابع الطبقات المنفذة وغير

المنفذة للماء ، وكذلك مقدرتها على مرور الماء خلالها أو حجزها فوقها يؤثر في طريقة الصَّرْف وطريقة تصميمه.

ج- الطبوغرافية Topography: إنَّ طبوغرافية الأرض الطبيعية تؤثر في نظام الصَّرْف، لذلك تخطط شبكات الري في المساحات المنبسطة الواسعة لتجنب التكاليف عند إنشاء الأقنية والعبارات والسيفونات، كما يتطلب في مشروعات الصَّرْف إنشاء مخارج رئيسية لمياه الصَّرْف ، وعندما يكون منسوب المصرف الرئيسي أعلى من مخرج الصَّرْف الحقلي يُتطلب ضخ ماء الصَّرْف، كما هو الحال في مشروع الغاب.

د- النباتات Planets: إنَّ متطلبات الصَّرْف للمحاصيل ذات الجذور السطحية تختلف عن المحاصيل ذات الجذور العميقة، كما أن بعض النباتات تتطلب أتربة ذات صرف جيد بينما بعضها الآخر محبة للماء، لذا فإن نوع النباتات المراد زراعتها تعتبر من العوامل الرئيسية في تحديد نظام الصَّرْف المناسب.

3-6. تَشكُّل الملوحة:

تتملح الأراضي من زيادة تركيز الأملاح في الطبقة الفعالة من التربة. مثل أملاح (Na2so4.Nacl .NaHco3 . Naco3) وهذه الأملاح تحد من نمو النبات، أو تخنقها وتقلل من الإنتاج والنوعية. ويمكن للأملاح أن تدخل طبقة الجذور من الترب المالحة أو المياه الجوفية وكذلك من مياه الري أو من المواد العضوية أو بواسطة الهواء على شكل غبار ملحي. ويمكن للأملاح أن تكون بصورة ذائبة في التربة، ولهذا فإنها تنتقل مع المياه في التربة، فعند السقاية تهبط الأملاح من السطح إلى الطبقات العميقة، أما بعد السقاية فإنها ترتفع مع المياه بالخاصة الشعرية إلى الطبقات السطحية للتربة، وعندما يكون منسوب المياه الجوفية المالحة قريباً من سطح التربة فإن الأملاح تصعد مع المياه بصورة دائمة وتترسب في الطبقات السطحية بعد تبخر المياه.

إنَّ أسباب تملح التربة مختلفة، وأحد الأسباب الرئيسية هو المياه الجوفية الحاوية على بعض الأملاح، فعند ارتفاع هذه المياه إلى الطبقات العليا تقوم بترسيب بعض الأملاح مما يؤدي إلى زيادة تركيز الأملاح.

تعد التربة المالحة دائماً قليلة الإنتاج أو حتى غير منتجة. وتختلف النباتات في حساسيتها للأملاح، فالقمح والذرة الصفراء والبرسيم وأشجار الفواكه من المزروعات الحساسة، والشعير والشوندر السكري أقل حساسية، ويعد الأرز وعباد الشمس متدنية الحساسية.

في الترب المتملحة بشكل كبير يجب الحد من زيادة نسبة الأملاح في طبقتها السطحية، ثم نبدأ بعملية استئصال الأملاح منها عن طريق الغسيل والصَّرْف وخفض منسوب المياه الجوفي حتى نحصل على سماكة من الطبقة الزراعية كافية وخالية من الأملاح. وإذا كانت مجموعات الأملاح الموجودة في التربة مشبعة بشوارد الصوديوم فإن غسيل التربة غير مُجْدٍ إذا لم تترافق هذه العملية في البداية بإضافة الجبس. وإذا كانت كمية الأملاح المتراكمة في التربة قليلة فإنه يمكننا إزالتها بواسطة زراعتها بالمحاصيل الزراعية المناسبة التي تتميز بمقاومتها للأملاح والتي بإمكانها الاستفادة من هذه الأملاح ويمكنها استقلابها. ومن أجل تحسين مواصفات التربة المالحة يُنصح باستخدام التربة الكلسية في حالة توفرها بكميات كافية، ويمكن أن تكرر العملية عدة مرات وذلك كل (3 – 2) سنة. كما يمكن إضافة غبار الفحم الحجري أو الفحم الحجري المطحون مع كمية من الكلس لتحسين خواص التربة المتملحة.

تحاشي تملح التربة:

يمكن القيام ببعض الأعمال التي تحد من ارتفاع منسوب المياه الجوفية وتحمي الأراضي من التملح و هذه الأعمال هي:

ا- رفع عامل مردود الأقنية؛ من خلال منع التسرب بتكسية جيدة للأقنية أو استبدالها بأقنية مرفوعة أو بالأنابيب.

ب- تسوية سطح التربة.

ت- الوضع الصحيح لحقول الأرز؛ إذْ توضع حقول الأرز في المناطق المنخفضة.

ث- تزويد الشبكة والمآخذ بمنشآت تحكم للحد من الاستهلاك الزائد للمياه والهدر.

ج- إنشاء شبكة صرف ومنشآت صرف وذلك لصرف المياه السطحية والمياه السطحية الآتية من المناطق المجاورة وتفريغ الأقنية وكل ذلك في أقصر زمن ممكن.

ح- اختيار نظام ري صحيح وطرق ري متطورة.

خ- القيام بالأعمال الزراعية في الوقت المناسب؛ لأن ذلك يعطي التربة تركيب فتاتي ناعم يمنع الصعود بالخاصة الشعرية ويخفض التبخر.

د- استعمال سقايات احتياطية؛ إذْ إنَّ التبخر من هذه السقايات أقل بكثير من السقايات في وقت النمو كما إنَّ التيار الهابط في هذه السقايات يؤدي لغسل الطبقات العلوية من الأملاح.

درجة التملح:

إنَّ الشوارد المختلفة لها درجات سمية مختلفة، ولهذا فإن التأثير العام لسمية الشوارد يحسب على أساس مكافأتها للكلور حسب المعادلة الآتية:

$$1cl = 0.1Co_3 = (2.5-3)Hco_3 = (5-6)So_4$$

ولهذا تحدد درجة تملح التربة من الجدول (6-1) بصرف النظر عن تركيب الأملاح الكيميائي.

تؤخذ القيمة الأصغرية في الجدول عندما يكون التملح نتيجة ملح واحد والقيمة الكبيرة عندما يكون التملح نتيجة مجموعة من الأملاح .

جدول (6–1) تصنيف التربة حسب درجة التملح

درجة التملح	مجموع التأثير السمي للشوارد مقدر بـ ملغ مكافئ الكلور
غير مالحة	< 0.3
قليلة التملح	0.3 – 1.5
متوسطة التملح	1.5 - 3
عالية التملح	3 – 7.5
شديد التملح	> 7.5

6–3–1. تصنيف الأراضي المتأثرة بالملوحة :

إن الهدف من تصنيف الأراضي المتأثرة بالملوحة هو اكتشاف مصدر الملوحة ومعرفة وتيرة الملوحة، ومن ثم التخطيط للتخلص من الملوحة وإيجاد الأسلوب المناسب لإزالتها.

أسس التصنيف:

يتطلب تصنيف الأراضي المتأثرة بالملوحة أسساً يعتمد عليها لتعيين الملوحة، ومعرفة مدى تراكم الصوديوم المتبادل المؤدي إلى تكوين أراضي قلوية، فيما إذا غسلت الأملاح من التربة، وهناك عدة أسس لتصنيف الأراضي المتأثرة بالملوحة:

A . حسب دراسات جامعة كاليفورنيا :

اعتمد مركز الأبحاث في جامعة كاليفورنيا على الاعتبارين الأساسيين الرئيسيين الآتيين:

A – 1 . الناقلية الكهربائية Electrical Conductivity :

تعتمد هذه الطريقة على قياس الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة في درجة حرارة $(25^{\circ}C)$، أو لعينة من المياه، وتقاس الناقلية الكهربائية للمحلول بين قطبين من البلاتين مساحة كل منهما $(1cm^2)$. والبعد بينهما $(1cm)$ وتقدر بـ مو/سم (Mho/cm) أو بأجزائه كالميلي مو أو الميكرو مو/سم حيث :

$$1\ \ mMho = \frac{1}{1000}\ \ Mho$$

$$1\ \ \mu Mho = \frac{1}{1000000}\ \ Mho$$

وتتناسب الناقلية الكهربائية للمحاليل مع تركيز الأملاح المتشردة فيها، وتوجد أجهزة متعددة لهذا الغرض. إن قياس التوصيل الكهربائي طريقة مناسبة لتعيين الملوحة، لأن التوصيل الكهربائي يتغير مع تركيز الأملاح بغض النظر عن شكل أو حجم العينات المأخوذة، وباعتبار أن التوصيل الكهربائي هو مقلوب المقاومة الكهربائية التي واحدتها هي الأوم (ohm) فقد سميت وحدة التوصيل الكهربائي بالمو (mho) كما ذكرنا .

وترتبط الناقلية الكهربائية بكمية الأملاح الموجودة في المحلول بالعلاقة التقريبية الآتية :

$$F = (10 - 15) * EC$$

حيث :

F : كمية الأملاح بالمكافئ في اللتر.

EC : الناقلية الكهربائية بالميلي مو/سم .

2-A . النسبة المئوية للصوديوم المتبادل Exchangeable Sodium percentag:

تمثل هذه النسبة المئوية درجة تشبع مركب الإدمصاص في التربة بالصوديوم وهي:

$$ESP\% = \text{للصوديوم المتبادل}\ \% = \frac{\text{الصوديوم المتبادل (م.م /100غ)}}{\quad} \times 100$$

السعة المتبادلة (م.م/100غ)

ويرمز لها اختصاراً بـ (ESP)، ولا يدخل ضمن هذه النسبة الصوديوم الذائب في المحلول الأرضي، وإنما تتوقف على التركيز الكلي للكاتيونات الذائبة، وعلى نسبة الصوديوم إلى الكاتيونات الذائبة الأخرى كالكالسيوم والمغنيسيوم المسماة بنسبة إدمصاص الصوديوم *Adsorption* (*Sodium Ratic*) أو اختصاراً (SAR) حيث:

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}}$$

حيث تمثل الرموز (Mg, Ca, Na)، تركيز هذه الكاتيونات بـ ($m.m/L$) في المحلول الأرضي (بالميلي مكافئ للكلور في اللتر للمحلول الأرضي).

بناءاً على ما تمَّ ذكره ، صنفت الأراضي المتأثرة بالملوحة حسب الجدول(6-2):

جدول (6–2) تصنيف الأراضي المتأثرة بالملوحة

نوع الأرض	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة في درجة $25^{o}C$ (ميلمو/سم)	تشبع مركب الإدمصاص بالصوديوم، %	درجة الحموضة، PH
أرض مالحة	أكبر من 4	أقل من % 15	أقل من 8.5
أرض مالحة قلوية	أكبر من 4	أكبر من % 15	لا تتعدى 8.5
أرض قلوية غير مالحة	أقل من 4	أكبر من % 15	أكبر من 8.5
أرض طبيعية	أقل من 4	أقل من % 15	أقل من 8.5

B. تصنيف الأراضي المتأثرة بالملوحة حسب الاعتبارات الأخرى الآتية:

B–1: حسب التركيب الكيميائي: تصنف الأراضي حسب هذا الاعتبار بأنه يوجد على سبيل المثال تملح كلوري أو كبريتي. وذلك حسب تركيب الشوارد ، فمن أجل قطعة أرض

ما نختار لها مقياس مسح ملحي، وذلك لكشف نوع وحجم ومكان التملح ، حيث نقوم بحفر مقطع في الأرض بعمق من $(1.2 - 2m)$ على أَنْ نهتم بالعمق الفعال من التربة ، ويتم إجراء هذا المسح الملحي بمقياس (1/1000) ، وذلك لكامل المساحة المدروسة بتكثيف عدد العينات في السطح وتقليل هذه الكثافة العددية كلما اتجهنا نحو العمق، وبإرسال هذه العينات إلى المخبر نقول بنتيجة التحليل إنْ التملح كلوري، كبريتي، فوسفاتي، إذْ تدخل في التسمية الشوارد التي تزيد نسبتها على (20%) من مجموع الشوارد، أما بالنسبة إلى شوارد (Co_3) فلا تدخل في التسمية ؛ لأنها تدخل في القلوية العامة.

B – 2 : **تصنيف الأراضي حسب منشأ التملح** : حيث تقسم إلى :

أ. قديمة في الأحقاب الجيولوجية .

ب . حديثة في الأحقاب الجيولوجية .

وهذا مهم في تحديد إمكانية انتكاس التملح بعد عملية غسيل التربة، ولاسيّما حين تكون هناك إمكانية لارتفاع منسوب المياه الجوفية في المنطقة المدروسة .

B – 3 : **تصنيف الأراضي بحسب درجة الملوحة:** حيث تصنف الأراضي هنا حسب التأثير العام لسمية الشوارد على نحوٍ تحسب على أساس مكافئاتها لشوارد الكلور مقدراً بالمليغرام مكافئ كلور حسب المعادلة الآتية:

(1) شاردة كلور Cl = (3–2.5) شوارد HCO_3 = (6–5) شوارد SO_4 = (0.1) شاردة CO_3

وتكون التربة غير مالحة إذا كانت تحتوي على أقل من (0.3) ميليمكافئ كلور باللتر، وتكون شديدة التملح إذا كانت تحتوي على أكثر من (7) ميلي مكافئ كلور باللتر، وبشكل عام تعتبر النسبة المسموح بها من عنصر الكلور فقط في التربة مساوية إلى (0.1%) من وزن التربة والأملاح الكلية (0.3%) وزناً.

B – 4 : تصنيف الأراضي حسب توضع الطبقات الملحية:

حيث يمكن تحديد الأشكال الآتية:

a) سبخات سطحية وهي شديدة الخطورة يبلغ العمق $(0-3cm)$ من سطح التربة ، ولا تزرع إلا بعد القيام بعملية غسيل التربة إذ إنَّ هذه السبخات يمكن أن تكون قليلة الملوحة أو متوسطتها أو عاليتها أو شديدتها وهي لا تعيق انتاش البذور ، ولكنها تؤدي إلى تسمم الجذور بعد نموها.

b) سبخات قريبة من سطح الأرض، وهي خطيرة ويبلغ العمق $(30-50cm)$.

c) سبخات متوسطة العمق، وهي خطيرة أيضاً ويبلغ عمقها $(50-100cm)$.

d) سبخات عميقة، وهي أقل خطورة ويبلغ عمقها $(100-150cm)$.

e) سبخات عميقة جداً، وهي ذات خطورة ضعيفة ويبلغ عمقها $(150-200cm)$ من سطح التربة.

وهذه الأرض يمكن زراعتها باستخدام مقننات غسيل محددة ومحسوبة لهذه الطبقات أو بمعالجة خاصة لها. ويمكن أن تكون السبخات عند أي عمق.

وعندما تكون الأملاح على عمق معين من الطبقة الفعالة، فهذا يدل على أن المياه الجوفية بعيدة بالقدر الكافي، وتصاعد الأملاح غير كبير وشدة التبخر غير كافية لارتفاع الطبقة المالحة، أو أن المياه الجوفية قريبة والتبخر كافٍ ، ولكنَّ شيئاً ما يدفع الأملاح نحو الأسفل ولا يدعها ترتفع كالأمطار والسقايات.

2-3-6. استصلاح التربة المالحة

إن الهدف الرئيسي من عمليات استصلاح الأراضي المالحة، هو إزالة الأملاح الذائبة والمتراكمة في التربة بإزالة أسباب تشكلها إن أمكن أو باللجوء إلى غسلها من القطاع الأرضي.

إن إزالة أسباب تشكل الملوحة تتم بمعالجة ارتفاع منسوب المياه الجوفية بالتقليل من تغذية هذه المياه ، وذلك بمكافحة ضياع المياه المتسربة من شبكات الري ، وتجهيز هذه الشبكات بما يلزمها من المنشآت المائية ، وكذلك باستعمال تكنيك وطرق سقاية أكثر منطقية وبناء السدود وأقنية الحماية وشبكات طرد الماء الزائد لمنع غمر هذه الأراضي الزراعية بمياه الفيضانات.

ومن الناحية الاستثمارية يجب أن يطبق برنامج للسقاية بشكله الصحيح خلال الأربع والعشرين ساعة، وتنظيم إعطاء الماء بشكل دقيق إلى كل الأقنية وإعطاء كميات السقاية المحسوبة دون زيادة أو نقصان. ويجب التقليل من التبخر من سطح التربة عن طريق زرع نباتات تغطي الأرض بشكل جيد ولمدة طويلة وكذلك بجعل التربة في الوضع المتفكك لتقليل ارتفاع الرطوبة نحو الأعلى بالخاصة الشعرية ومن ثَمَّ تبخرها.

الإجراءات الواجب اتخاذها قبل البدء بالإصلاح:

دراسات حقلية:

تهدف إلى الحصول على كافة البيانات الخاصة بالأرض من حيث طوبوغرافيتها وانحدارها وقدرتها الإنتاجية وحالة الري والصَّرْف وطرق الخدمة فيها، ثم تعمل قطاعات أرضية تتوقف على اختلاف الأرض وتدرس هذه القطاعات من حيث عمقها ونظام تعاقب الطبقات ولون الأرض وأيضاً قوام الأرض وبنا ؤها ودرجة تعمق الجذور ومستوى الماء الجوفي.

دراسات مخبرية: تجرى على العينات التي تجمع من القطاعات الحقلية للتعرف على

خواص الأرض الطبيعية والكيميائية وتشمل:

1- التقديرات الطبيعية الآتية:

أ . بناء التربة للتعرف على تنظيم حبيباتها.

ب . قوام التربة للتعرف درجة نعومتها أو خشونتها.

ج . النفاذية للتعرف على نفاذيتها.

د . رشح الماء، ويقصد به حركة المياه إلى الأسفل خلال التربة.

2- التقديرات الكيميائية الآتية:

أ. مجموع الأملاح الذائبة أو درجة التوصيل الكهربائي بالمليموز/سم بالدرجة $(25^\circ C)$ في مستخلص عجينة التربة.

ب . قيمة الـ(PH) لمستخلص عجينة التربة .

ج . كمية كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم .

د . الأيونات الذائبة ونسبة الصوديوم المدمص.

هـ . الكاتيونات المتبادلة ، والنسبة المئوية للصوديوم المتبادل.

و . التحليل الكيميائي لمياه الري المستعملة ، ومياه الصَّرْف والغسيل، ويشمل تقدير درجة التوصيل الكهربائي، وكذلك الأيونات والكاتيونات الذائبة.

3- دراسة تصنيفية: وفيها تجمع الأراضي المتماثلة في خواصها الطبيعية والكيميائية في قسم واحد ، وتوضع هذه الأقسام على خريطة بمقياس مناسب ، ويعطى لكل قسم لون خاص، ويكتب له رمز توضيحي مبسط بالأرقام والحروف يوضح صفات الأرض، كما يرفق بكل خريطة تقرير شامل للبيانات المطلوبة والمهمة. وبعد إجراء الخطوات السابقة يمكن التعرف على حالة التربة ودرجة الملوحة والقلوية فيها، كما يمكن إعطاء خطة

الإصلاح حسب درجة الملوحة أو القلوية وتقدير احتياجاتها للغسل أو الصَّرْف، وفي الجدول **(6-3)** نبين الأراضي حسب قابليتها للإصلاح.

الإجراءات الضرورية لعلاج مشكلة الملوحة ومنع تزايدها:

لقد أمكن نتيجة للدراسات التي أجريت في الأراضي المتأثرة بالملوحة ، ومن ضمنها أراضي حوض الفرات في سورية وضع الحلول الآتية للقضاء على مشكلة الملوحة ومنع تزايدها.

جدول (6–3)

نوع الأرض	**مجموع الأملاح الذائبة %**	**التوصيل الكهربائي ملليموز / سم**	**PH, للأرض**	**صوديوم متبادل %**
النوع الأول	لا تزيد عن 0.2 %	4	أقل من 8.5	اقل من 15 %
النوع الثاني	0.2 – 0.5 %	4 – 8	أقل من 8.5	أقل من 15 %
النوع الثالث	0.5 – 1 %	8 – 16	9	15 %
النوع الرابع	بسيطة	أقل من 4	تصل إلى 10	أكثر من 15 %

أولاً– ضرورة توفير نظام صرف فعال في الأراضي المروية:

وذلك بهدف خفض مستوى الماء الجوفي والتخلص من مياه غسل الأملاح عند إصلاح الأرض، ولتحقيق نجاح نظام الصَّرْف الأفقي يجب الانتباه إلى نقاط رئيسية أربع هي:

- أعماق المصارف المناسبة.
- المسافة بين المصارف.
- نوعية المصارف.
- أطوال المصارف.

ثانياً– وضع سياسة لاستخدام المياه بما يعمل على غسل الأملاح من الأرض:

ويتضمن حفظ توازن الأملاح في منطقة نمو الجذور عند الحد الملائم لمعظم النباتات، ويكون ذلك بمراعاة القواعد الآتية بالنسبة إلى نظام الري واستخدام المياه:

أ . أن تكون شبكة الري منفذة بطريقة تمنع الرشح إلى الأراضي المنخفضة تبعاً لطبيعة الأرض، وذلك عن طريق استعمال القنوات المكساة أو الأنابيب أو الأقنية المعلقة ولكن دون أن يعلو مستواها عن الأرض الزراعية.

ب– أن يتلاءم المجرى المائي في شبكة الري مع طوبوغرافية الأرض إذْ يجب أن يرتفع الماء إلى الأماكن المرتفعة في المنطقة ثم يسيل إلى الأماكن المنخفضة.

ج– أن يراعى في تصميم شبكة الري الاحتياجات الغسيلية اللازمة للأرض في مدّة الإصلاح، وكذلك احتياجات الغسل اللازمة للمحافظة على توازن الأملاح المناسب في مراحل الاستزراع المختلفة. من الضروري الانتباه إلى أن المقنن المائي يجب أن يغطي حاجة المحصول، وكذلك احتياجات الغسيل خصوصاً في مدّة الصيف.

د– منع استخدام مياه الآبار ومياه المصادر الأخرى ذات الملوحة المرتفعة ، فإذا احتاجت بعض القطع إلى آبار فمن الضروري تحليل مياه الآبار وتحديد المسافة بينها.

ثالثاً– وضع سياسة استغلال زراعية للأرض:

على نحوٍ تسمح بالتخلص من الأملاح الموجودة وتمنع تراكمها ثانية، وهذا يتحقق بالوسائل الآتية:

أ . يراعى غسل الأرض بالمياه قبل زراعتها وبعد إنشاء المصارف وإجراء عمليات التسوية فبها، ويقدر عمق $(10-60cm)$ من الماء لغسل الأملاح الموجودة. أي بمعدل $(1000-6000m^3/hec.)$ بعد ذلك تقل الأملاح ، وهنا يبدأ بزراعة المحاصيل.

ب– زراعة الأرض في مراحل الاستزراع الأولى بمحاصيل تتحمل الملوحة ، أي أن الدورة الاستصلاحية يجب أن تحتوي على محاصيل مثل الشعير والشوندر والبرسيم شتاءً وأنواع الذرة والأرز صيفاً، حتى تصل درجة توصيل الأرض في عمق لا يقل عن مترين إلى نحو (4) ميلليموز.

ج– البدء بإجراء دورة زراعية تشمل القمح أو البرسيم شتاءً أو القطن والذرة صيفاً ، ويفضل أن تدخل زراعة الأرز بمعدل مرة واحدة كل ثلاث سنوات في الأراضي ذات النفاذية البطيئة.

د– يراعى أن تتبع دورة زراعية كثيفة على نحوٍ لا تبقى الأرض بوراً ولاسيّما في الصيف، ويمكن باستخدام الفصة (البرسيم الحجازي) ضمان غسيل الأملاح من الأرض صيفاً.

هـ – يجب عدم إطالة المدّة بين رية وأخرى ، ولاسيّما في مراحل الاستصلاح الأولى، مع إعطاء الاحتياجات الغسيلية التي يمكن حسابها من تركيز الأملاح في مياه الري وفي المياه المنصرفة.

و– من المستحسن قبل زراعة المحاصيل الشتوية والصيفية إعطاء رية غزيرة لغسل الأملاح التي تكون قد تراكمت أثناء مدّة نمو المحصول سابقاً.

رابعاً– أسلوب الغسيل الملائم لإزالة الأملاح:

إن شطف الأملاح من منطقة الجذور تعرف بعملية غسيل التربة واحتياج عملية الغسيل هي النسبة ما بين التصريف الزائد وكمية مياه الري المقدمة التي تحافظ على حجم الملح في رطوبة التربة أقل من ذلك الحجم الذي يؤثر بشكل هام على المحاصيل الزراعية. وتسمى كمية المياه اللازمة لغسل واحد هكتار وصرف الأملاح الزائدة بمقنن الغسيل ويُقدَّر بـ $(m^3/hec.)$، ويراوح حجمه $(1500-20000 m^3/hec.)$. وتتم عملية الغسل بإضافة كميات كافية من المياه لإزالة الأملاح إلى شبكة الصَّرْف ، وتكون عملية غسل

الأملاح سهلة وسريعة في الأراضي الخشنة القوام ذات النفاذية العالية بعكس الأراضي الناعمة القوام ذات النفاذية البطيئة ؛ إذْ تسير عملية الغسل ببطء ، وينصح في تلك الأراضي:

أ. الإقلال من عمليات الحراثة ما أمكن، إذْ أن بقاء سطح التربة خشناً ومكتلاً يساعد على زيادة معدل الرشح داخل التربة، وتجنب الحراثة والأرض مبتلة جداً أو جافة جداً.

ب. باستعمال الماء الحاوي على كميات قليلة من الصوديوم كوسيلة لزيادة معدل رشح الماء داخل التربة ، وذلك في المراحل الأولى من غسل الأملاح الزائدة ، وتجري عملية الغسيل بتقطيع الأرض إلى قطع من ($0.2hec$) إلى ($1hec.$)، تفصل بعضها عن بعض ، ويمكن إنقاص مساحة القطعة إلى ($0.1hec.$) عند ما تكون طبوغرافية الأرض معقدة ونفاذيتها عالية.

خامسًا- ضرورة استصلاح عمق كاف من الأرض لضمان نمو معظم المحاصيل:

لا بد من غسيل الأملاح من عمق كافٍ لنمو معظم النباتات بصورة طبيعية ، وبالنسبة لمحاصيل الحقل يجب غسل الأملاح من عمقٍ لا يقل عن ($1.5m$) . أما إذا كانت الأرض ستُستعْمل في زراعة الأشجار فيجب ألَّا يقل هذا العمل عن ($2m$) غير أنَّه لا يمكن البدء بزراعة المحاصيل السطحية الجذور والمتحملة للملوحة مع الاستمرار في غسل الأرض لأعماق أطول. ويجب العمل أيضاً على تحسين خواص الماء الأرضي تدريجياً ، وتكوين طبقة الماء الأرضي ذات الخواص البعيدة فوق طبقة المياه المالحة.

ويمكن اعتبار برنامج الاستصلاح ناجحاً إذا تحققت الأهداف الآتية:

أ – خفض تركيز الأملاح في منطقة نمو الجذور إلى أقل من (4) ميليموز/سم.

ب – منع الزيادة في الصوديوم المتبادل عن (10%) .

ج – خفض مستوى الماء الأرضي إلى مستوى أسفل من الحد الحرج تبعاً لظروف المنطقة.

د – تحسين خواص المياه الأرضية وتحسين درجة ملوحتها.

سادساً– اتباع نظام سليم في خدمة الأرض بعد مرحلة الغسيل:

من المعروف أنه في المناطق الجافة ونصف الجافة توجد هجرة موسمية وتجمع للأملاح في التربة نتيجة للتغيرات في المناخ ونظام الري وزراعة الأرض ، فعقب كل ريّة تحدث إزالة مؤقتة للأملاح يليها إعادة تملح بين كل ريتين نتيجة فقد المياه بالتبخر والنتح . وفي نهاية الموسم تتراكم الأملاح في التربة بكميات تختلف حسب المناخ ونظام الري ونوع المحصول المزروع، إذْ تؤثر المحاصيل كثيراً في ذلك؛ فالمحاصيل ذات التبخر النتحي المنخفض كالشعير ولو أنها تتحمل الملوحة؛ إلا أنها تعمل على زيادة الأملاح في نهاية الموسم نتيجة لقلة احتياجاتها لمياه الري، أما البرسيم فحاجته إلى الماء شديدة ؛ لذلك فإنه يعمل على خفض الأملاح في نهاية الموسم. أما القطن والذرة ومعظم المحاصيل التي تزرع على خطوط والحساسة لكثرة مياه الري فإنها تعمل على زيادة تجميع الأملاح على قمة الخطوط.

وفي الأحوال التي لا يمكن فيها زراعة كل الأرض خلال موسم الصيف لعدم كفاية المياه، فإنَّ حرث الأرض يُوقف حركة الأملاح ووصولها إلى السطح ، ومن هنا تظهر أهمية اتخاذ توازن الأملاح في الأرض كدليل على اتجاه تغير الملوحة من سنة لأخرى.

وسائل المحافظة على الأرض بعد الاستصلاح:

1 . المحافظة على مستوى الماء الجوفي أسفل المستوى الحرج.

2 . استمرار تحسين خواص الماء الجوفي.

3 . ضرورة إجراء عملية الغسل على مُدَد تحدد حسب سرعة تجمع الأملاح.

4. استمرار عمليات التسوية لضمان حسن توزيع المياه ومنع التملح الثانوي.

5. ضرورة منع الرّيّ الغزير والرشح من الأقنية.

6. صيانة شبكة الصَّرْف باستمرار.

سابعاً: التوصل إلى أنسب برنامج تسميدي يناسب مراحل استصلاح الأراضي:

بالرغم من أهمية التسميد في زيادة المحصول في الأراضي الجيدة فقد يعطي نتائج معاكسة في الأراضي المالحة، فقد لحُظ أنَّه في الأراضي شديدة الملوحة تنخفض كمية المحصول، نتيجة التسميد ومع تناقص الملوحة تبدأ الاستجابة للتسميد عند درجة معينة ثم تزداد الاستجابة للتسميد مع تناقص الملوحة بصورة أكثر حتى تصل إلى أعلى قيمة في الأراضي العادية. وينطبق هذا القول على كل من التسميد الآزوتي والبوتاسي، أما التسميد الفوسفاتي فأقل تأثيراً. وعلى العموم عندما ترتفع نسبة الملوحة إلى درجة توصيل كهربائي مقدارها (7) ميليموز/سم في الأراضي المشبعة فإنه لا ينصح بتسميد الأرض عند ذلك.

ثامناً– تعديل التكثيف الزراعي والدورة الزراعية كعلاج لمشكلة الملوحة:

من الضروري إتباع دورة زراعية مكثفة ؛ لأنَّ وجود محصول باستمرار في الأرض يتيح الفرصة للأملاح أنْ تنتقل إلى المصارف بدلاً من صعودها وتراكمها في السطح. ويُستحْسَن إدخال محاصيل مُحبة للماء كالأرز والفصة في الدورة الزراعية ، وترتيب الدورة على نحوٍ تتناوب فيه المحاصيل المحبة للماء مع المحاصيل الأخرى.

تاسعاً– ضرورة التأكد من اقتصاديات عمليات استصلاح الأراضي:

من الضروري التأكد من اقتصاديات عمليات الاستصلاح والاستزراع قبل البدء بتنفيذ المشروع ، ومن ثَمَّ حساب العائد من المشروع ، ويمكن أن يقسم المشروع اقتصادياً إلى أربع مراحل:

المرحلة الأولى (المرحلة الإنشائية): تشمل تكاليف الدراسات والتحريات وعمليات التسوية وشبكات الري والصرف ومحطات الضخ والطرق والكهرباء ومياه الشرب.

المرحلة الثانية (مرحلة الغسيل والزراعة الاستصلاحية): تشمل عمليات التسوية الدقيقة والغسيل ومستلزمات الإنتاج، وفي هذه المرحلة يزيد الإنفاق على العائد من الأرض.

المرحلة الثالثة (مرحلة الزراعة تحت الحدية): في هذه المرحلة يتدرج فيها العائد من الأرض مقترباً من الإنفاق حتى يتساويا.

المرحلة الرابعة (مرحلة الزراعة الاقتصادية): وفيها تصبح الأرض بيئة صالحة لنمو الاستثمارات.

4-6. التربة الجبسية:

يمكن أن يتواجد الجبس بأحد الأشكال الآتية:

- طبقة جبسية متراصة من بلورات ناعمة ومتوسطة.
- طبقة جبسية مفككة من بلورات ناعمة.
- طبقة جبسية ذات بلورات كبيرة.
- طبقة جبسية كلسية ناعمة.

وتتشكل البلورات الكبيرة قرب مستوى سطح الماء الأرضي، والبلورات الناعمة في الطبقة السطحية التي تتعرض للترطيب والتجفيف، وبسبب مستوى الماء الأرضي توجد بلورات ذات أشكال وأحجام مختلفة. كما أنَّ مساحات التربة وتوزعها وحجمها يؤثر في شكل وحجم بلورات الجبس.

وقد تبيَّن أنَّ صفات الجبس ترتبط بحجم بلورات الجبس التي تراوح بين (200 – 50) ميكرون، وأنَّ الترسبات الجبسية المتشكلة نتيجة لأكسدة الكبريت هي ناعمة جداً، ويمكن أن يؤدي إعادة توزيع الجبس في قطاع التربة إلى قيام بلورات الجبس بربط حبيبات الطين والرمل؛ مما يؤدي إلى تشكل قشرة صلبة بسماكة ($2cm$) تعيق بدرجة كبيرة إنبات البذور وتهوية التربة. وللتعريف بعمليات تَكوُّن الترب الجبسية فإننا سنعتمد على الخبرة المكتسبة من مصاطب نهر الفرات، ومن خلال نتائج التحليل

وعمليات الترسيب الفرضي للأملاح لقطاعات من التربة خلال المدّة (1979-1991) هناك آليتان لتراكم الجبس:

الآلية الأولى:

ويمثل مجموعة الترب الملحية في قطاع يوجد فيه الماء الأرضي الحاوي على الأملاح الذائبة بتراكيز عالية من (SO_4^{--}) ، (Ca^{++}) ضمن العمق الذي يمكن أن توصله الخاصية الشعرية إلى سطح التربة، حيث يتبخر الماء وتتراكم الأملاح على السطح. ومع مرور الوقت فإنَّ تراكم الأملاح يصاحبه وبشكل محدد تراكم للجبس على السطح أيضاً.

وإنَّ تقصِّي التحاليل المخبرية لترب أقدم عمراً يمكن أن يقودنا إلى استنتاج التصور لعملية تراكم الجبس في مساحة واسعة من وادي الفرات الأدنى، ويمكن أن نتصور أنه مع مرور الزمن سيزداد محتوى الجبس في الطبقات السطحية من القطاع من جهة، ومن حهة ثانية فإنه سينتشر عمودياً إلى الطبقات التي تليها وبمحتويات أقل. أي إنَّ الجبس سينمو بقطاع التربة من الأعلى إلى الأسفل،

وفي بعض الترب التي تعرضت للتملح لمِدَد أطول تمت ملاحظة أنَّ الـ ($15cm$) العليا من قطاع التربة تحتوي على (13%) جبساً، وأنَّ الـ ($10cm$) التي تليها تحتوي (6%)، وأنَّ هذا المحتوى من الجبس ينقص تدريجياً إلى (0.5%) على عمق ($120cm$)، ثم يختفي بعدها.

ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة أيضاً في المصاطب العليا للفرات حيث يبين الجدول (6–5) نتائج تحاليل الجبس لقطاع مأخوذ من المصطبة العليا للفرات:

جدول (6–5) نسب الجبس وفق العمق للمصطبة العليا للفرات

العمق، سم	0-40	40-100	100-140	140-170	170-210	210-230	230-250
الجبس، %	64.5	52.4	37.8	11.7	11.2	0.09	0.05

ويُعتقد أن الجدول يمثل حالة مثالية للتراكم بهذه الآلية، ويفترض أن نتوقع حالات غير مطابقة بسبب الاختلاف في الظروف البيئية كغياب الماء الأرضي مثلاً وظهوره مرة أخرى على عمق مختلف، وربما بتركيب كيميائي مختلف وبفواصل زمنية قد تطول أو تقصر.

الآلية الثانية لتراكم الجبس:

ويمثله القطاع من التربة التي نجد فيها أن الجبس ينمو باتجاه معاكس من الأسفل إلى الأعلى. وقد يُعزى خلو الطبقات السطحية منه إلى الفِلاحات والزراعة المستمرة، مما يؤدي إلى زعزعة حالة الاستقرار التي قد تكون مطلوبة لمدّة معينة من أجل ترسيب الجبس في قطاع التربة كما هو الحال في القطاع السابق.

ويمكن أن يُعزى تراكم الجبس في الطبقات الدنيا من القطاع إلى التشبع المستمر بالماء الأرضي لمِدَد طويلة بغض النظر عن تذبذب مستوياته من وقت لآخر، كما أنَّ ارتفاع معدل التراكم قد يُعزى إلى سيادة شاردتي الكالسيوم والكبريتات في الماء الأرضي بعكس الحالة السائدة في الآلية الأولى؛ إذْ تكون السيادة لشاردتي الصوديوم والكلوريد.

وانتقالاً من المصطبة الأولى إلى المصاطب الأخرى للفرات، وهي المصاطب الأكبر عمراً، يُلحظ أن عامل الزمن ينعكس بشكل عام على ارتفاع نسبة الجبس كلما تقدمنا من المصطبة الأولى إلى المصاطب العليا.

توجد الأراضي الجبسية في المناطق الجافة وشبه الجافة من العالم حيث يكون معدل الأمطار منخفضاً وغير كاف لغسيل الجبس من قطاع التربة، وتكتسب أهمية لاسيّما كون الأراضي الجبسية تتواجد حول مصادر المياه الرئيسية في القطر (الفرات ، الخابور).

تشكلت الأراضي الجبسية في القطر في أحقاب جيولوجية مختلفة: *Oligocene* – *Cretaceous* – *Jurassic* – *Triassic* – *Eocene* وخلال أحقاب *Pliocene* و

Pleistocene حدث حت وانجراف للصخور الجبسية كما تم حدوث إذابة وترسيب، ومن ثم نشوء الترسبات الثانوية، وفي حالة وجود مستوى ماء أرضي تتكون عدسات جبسية قريبة من مستوى الماء الأرضي ذات بللورات خشنة.

ويمكن القول إنَّ ترسيب الجبس يمكن أن يكون ذا منشأ جيولوجي تمَّ خلال الأحقاب الجيولوجية أو منشأ بيدلوجي، وهي عملية نقل وترسيب في قطاع التربة.

رغم الموارد المحدودة لبعض الدول ولاسيّما النامية منها، فإنها تنفق أموالاً باهظة لإدخال مساحات واسعة تحت نظام الري، ولاسيّما في المناطق الجافة وشبه الجافة، كما هو الحال في القطر العربي السوري، حيث تتم إقامة مشروعات ري عملاقة، كمشروعات استصلاح الأراضي في حوض الفرات والبليخ ومسكنة وسهول حلب، وذلك لتغطية خطر النقص في مقدار إنتاج الغذاء المتوقع، إذ بلغ معدل الزيادة السنوية للسكان في سورية (0.33%) –المجموعة الإحصائية لعام (1995)– أي من الضروري مضاعفة كمية الغذاء بمقدار مرة كل (20) عاماً، ليتناسب مع معدلات التغذية الحالية.

وكما تم القول أنَّ معظم الترب الجبسية تتوزع في المناطق الجافة وشبه الجافة وفي المناطق القريبة من المصادر المائية تعد مشكلة الجبس مشكلة أساسية في عمليات الاستصلاح للترب الواقع في هذه المناطق.

1–4–6. توزع التربة الجبسية

التوزع الجغرافي للأراضي الجبسية في العالم: تبلغ مساحة الأراضي الجبسية في العالم بحدود (85) مليون هكتار، تتوزع في جنوب أوروبة– إسبانية– جنوبي الاتحاد السوفيتي سابقاً– جنوب غرب آسيا، سورية، العراق، إيران. وقد وجدت الأراضي الجبسية في جنوب ووسط أسترالية وبعض المناطق من ولاية تكساس في أمريكة.

التوزع الجغرافي للأراضي الجبسية في سورية : بينت نتائج المسوحات البيدولوجية التي أجريت في سورية أن مساحة الأراضي الجبسية تبلغ خمسة ملايين هكتار، أي بنسبة (25%) من أراضي القطر العربي السوري /موصلي، 1979/، وفي بعض المصادر تشكل (20%) /Ilaiwi، 1983/، وهذه الترب توجد كترب سائدة أو كترب رئيسية في وحدات التربة، ووجودها كترب سائدة يرتبط ارتباطاً رئيسياً بطبيعة الصخر الأم.

تنتشر الترب الجبسية في سورية في وسط وجنوبي الجزيرة السورية حيث تغطي مصاطب الفرات والخابور والبليخ وإلى الجنوب من مجرى نهر الفرات ، وتسود في عموم سهل الرصافة وفي الجزء الشمالي من بادية الشام وفي الجزء الأكبر من جبل البشري. في وسط سورية تسود الترب الجبسية في قعر حوض الدو، وتمتد حتى القريتين باتجاه الجنوب الغربي؛ إضافة إلى ذلك فإنَّ هذه الترب توجد كترب مشاركة رئيسية في الوحدات التي تسود فيها الترب الكلسية، ولاسيّما في سهول الجزيرة وبادية الشام.

وفي غرب سورية توجد التربة الجبسية على مسافة عدة كيلومترات شرق مدينتي أبو الظهور في الشمال الغربي وحسية في الجنوب الغربي. وفي أواسط سورية تنتشر الترب الجبسية في السلسلة التدمرية الشمالية، وتمتد إلى الغرب باتجاه الفرقلس؛ وفي المنخفضات المتملحة في وسط سورية (سبخة الموح)، وفي شرقها على الحدود العراقية (سبخة البوارة) تُشكِّل الترب الجبسية مشاركاً رئيسياً للترب الملحية.

هذه الترب تنتشر بشكل محدود نسبياً في جنوب وجنوب شرق سورية ضمن هضبة الحماد. وحتى في هذه المنطقة فإنَّ الترب الجبسية يمتد وجودها حتى الحدود الأردنية في أقصى الجنوب، في حين يصل الامتداد الشرقي لهذه الترب الحدود العراقية في الشرق فإنَّ امتدادها الشمالي يصل أيضاً إلى الحدود التركية شرق تل أبيض رغم أنَّ مناخ التربة هنا يتحول إلى المناخ المتوسطي و تصنف ضمن الترب الجافة. وعلى ضوء خريطة ترب سورية فإنه يمكن عزل المناطق الخالية من الترب الجبسية على النحو الآتي:

- الزاوية الشمالية الشرقية شرق خط الطول /41/ وشمال خط العرض /36.30/ .
- المنطقة الشمالية الغربية شمال خط العرض /36.10/ ومن مجرى الفرات باتجاه الغرب.
- غرب خط الطول /37/ امتداداً من الحدود التركية في الشمال وحتى الحدود الأردنية في الجنوب.

2-4-6. مساوئ التربة الجبسية:

إنَّ تدني نفاذية الأفق الجبسي من هذه الأراضي فإنه يبدي مقاومة لصعود الرطوبة الشعرية للماء إلى أعلى ويعاني النبات نقصاً في الرطوبة المتاحة، ويزداد الأمر تعقيداً في حال كون الأفق السطحي الذي يعلو الأفق الجبسي ضحلاًَ وغير عميق، والسعة الحقلية متدنية، فإنَّ النبات يعاني الجفاف الفيزيولوجي؛ وينصح لزيادة نفاذية التربة بإقامة الآبار غير العميقة أو حفر خنادق ضيقة أو شقوق في التربة.

ويؤدِّي وجود الأفق الجبسي وعمق توضعه عاملاً أساسياً في تحديد صلاحية التربة للزراعة والري، ويكون العامل كبيراً إذا كان الأفق الجبسي سطحياً أقل من ($30cm$) ويقل كلما زاد عمق توضع الأفق الجبسي. وقد أكدت التجارب الحقلية أنَّه إذا كان الأفق الجبسي سطحياً في المجال ($0-30cm$) ويختلط بطبقة الحراثة فإنه يؤدي إلى خفض الإنتاجية بمقدار ($40-50\%$) ، أما إذا كان الأفق الجبسي متوسط العمق ($30-60cm$) ، في مجال منطقة انتشار الجور فإنه يسبب انخفاض الإنتاجية بمقدار ($20-40\%$) ، أما إذا كان الأفق الجبسي عمقه ($60-100cm$) فيكون التأثير ضعيفاً في المحصول ومقدار الفقد ($15-20\%$) ؛ مقارنة بالمحاصيل على الأراضي غير الجبسية. أما تأثير العمق الجبسي في صلاحية الأراضي للري فإنَّ الأراضي الجبسية ذات الأفق الجبسي السطحي غير صالحة لعمليات الري، ومتوسطة العمق ($30-60cm$) صالحة لري بعض المحاصيل الزراعية، ولكن الأراضي الجبسية عميقة الجبس ($60-100cm$) تُعد صالحة لري جميع المحاصيل الزراعية ضمن ظروف نظام ري خاص؛ من حيث مقننات الري وطريقة الري.

3-4-6. معالجة التربة الجبسية:

إنَّ الجبس ملح متوسط الذوبان في الرطوبة الأرضية، ويُقدَّر تركيزه $(1.5-2.5 gr/lit.)$. وهذا التركيز لا يؤثر في عملية امتصاص الماء الأرضي من النبات إذا كان المحلول خالياً من الأملاح الأخرى مثل الكلوريدات والنترات، ولكن بوجود الأملاح الأخيرة في الأراضي الرطبة تتضاعف درجة ذوبان الجبس في الأراضي، وتسبب زيادة الضغط الأسموزي ومن ثم تؤدي إلى خفض كمية الرطوبة المتيسرة للنبات لعدم قدرته على الامتصاص. وهكذا فإن وجود أملاح الكلوريدات تزيد من تأثير الجبس في النبات، ويجب أن يؤخذ هذا العامل عند إضافة سماد كلوريد البوتاسيوم وكبريتات الأمونيوم، ويؤدي وظيفةً كبيرةً في تثبيت الفوسفات الحرة في التربة، ويحولها إلى فوسفات ثلاثية الكالسيوم غير قابلة للامتصاص. كما يؤدي الجبس إلى إحداث خلل في توازن العناصر الغذائية في المحلول الأرضي وقابليتها للامتصاص من قبل النبات عن طريق تثبيتها كيميائياً، ولذلك تحتاج الأراضي الجبسية إلى مقننات سمادية عالية من الأسمدة الآزوتية الفوسفورية البوتاسية لإزالة آثار نقص الزنك والحديد من بعض النباتات المزروعة على الأراضي الجبسية. وعند اختيار الأنواع النباتية للزراعة في الأراضي الجبسية يجب الأخذ بالاعتبار علاقة النباتات بالكالسيوم.

وقد وُجد أنه في حال تأمين احتياجات النبات من الماء والعناصر الغذائية على الأراضي الجبسية غير المالحة فإنَّ المحاصيل الآتية: الكرمة، والفصة والذرة الصفراء، السرغو (ذرة المكانس) أعطت إنتاجية عالية في الأراضي التي يتوضع فيها الجبس على عمق أكثر من $(30 cm)$. أما محاصيل القمح والحبوب فكانت الإنتاجية مقبولة، ويمكن زراعة القطن على الأراضي الجبسية ذات أفق جبسي ذي عمق أكبر من $(40 cm)$. ويمكن القول: إنَّ الأراضي الجبسية أكثر صلاحية لزراعة المحاصيل المتحملة للجفاف والتي لا تتطلب

سقايات كثيرة، أما المحاصيل المحبة للماء فهي غير ملائمة، لأن زراعتها تتطلب رطوبة عالية.

وقد تم اتخاذ مجموعة إجراءات لإقامة سدات نشر المياه في عدة مواقع في القطر للاستفادة من الظروف البيئية الناتجة عن هذه العملية واستغلالها في عملية تطوير المراعي في المنطقة كتجربة يمكن استغلالها وتعميمها على كامل البادية السورية ولاسيّما الشرقية منها التي تشكل التربة الجبسية نسبة عالية من أراضيه، وتعاني تدهوراً شديداً في مراعيها الطبيعية لزيادة الجفاف وسوء إدارة مراعيها الطبيعية، والأسس التي اعتمدت في عملية استزراع الأراضي الجبسية في أنظمة سدات نشر المياه في البادية أخذت بالحسبان الأمور الآتية:

- خصوصية العوامل الأرضية من حيث قرب توضع الأفق الجبسي من السطح، وارتفاع نسبة الجبس في المنطق السطحية من التربة.

- تحسن المحتوى الرطوبي في الموقع نتيجة إقامة سدات نشر المياه.

- طبيعة الخصائص المناخية في الموقع من حيث التفاوت الكبير في درجات الحرارة بين الصيف والشتاء وارتفاع معدلات التبخر–نتح، بالإضافة إلى هبوب الرياح الجافة والحرارة الشديدة في الصيف التي قد تصل إلى (50) درجة مئوية.

- مراعاة العوامل الاجتماعية التي تتميز بها البادية السورية من حيث الرعي الطليق، وتنقل البداوة.

هذه الإجراءات المتخذة تهدف إلى تغيير نوعي في تركيب نباتات المراعي الموجودة، مع إدخال بعض الأنواع الأخرى المقاومة لوجود الجبس والملوحة والجفاف، وهي عوامل محددة في عملية الاستزراع في الأراضي الجبسية.

وقد دلت الدراسات أنَّ الغطاء النباتي الموجود طبيعياً عبارة عن شجيرات رعوية معمرة، وأنَّ الظروف البيئية السائدة ملائمة لنمو أصناف نباتية ملائمة، وتتحمل ارتفاع محتوى الجبس ومتحملة للجفاف ومستساغة من الحيوانات، وتتحمل الغمر المائي المؤقت الذي قد يحصل في منطقة ما بين السدات.





وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السابع

الطرق الأساسية للصَّرْف

يتم التخلص من الماء الزائد بإنشاء أحد أنواع الصَّرْف التي يمكن تصنيفها حسب مستوى الصَّرْف:

1- الصَّرْف الأفقي (السطحي أو المكشوف – المغطى).

2- الصَّرْف الشاقولي أو الرأسي.

أو يمكن تصنيفها حسب الآتي:

1- المصارف المكشوفة ***Open Drains***.

2- المصارف المغطاة ***Covered Drains*** .

3- المصارف الرأسية الآبار ***Wells Drains***.

1-7. المصارف الأفقية المكشوفة Open Drains:

وهي عبارة عن خنادق بالأرض لاستقبال المياه الزائدة عن حاجة النباتات أو المحاصيل أو من مصارف أصغر منها من فوق سطح الأرض أو الرشح من الجانبين أو القاع. وهي تُناسب الأراضي البطيئة المسامية جداً حيث كميات كبيرة جداً من المياه تلزم للزراعة. وتظهر أهميتها القصوى إذا أريد إزالة المياه من فوق سطح الأرض قبل تسربها إلى أعماق التربة لإزالة الأملاح بالطبقة العليا الملحية التي توجد في بدء عمليات استصلاح الأرض. وتظهر أهمية الصَّرْف السطحي في المناطق الرطبة. وهذه المصارف تنقسم إلى عدة أنواع منها: المصارف الرئيسية (العمومية) ، وتكون مهمتها نقل مياه الصَّرْف إلى حيث يُتَخلَّص منها والمصارف الثنائية والثلاثية والرباعية والحقلية وكل منها لها مكانتها، مثلاً المصارف الحقلية تصب في الرباعية ، وهذه في الثلاثية ، وهذه في الثنائية ، وهذه في

الرئيسية. وتختلف أبعاد وأعماق وميول المصارف حسب نوع الأرض وحسب كمية المياه المراد التخلص منها . وعادةً تكون جوانب المصْرَف قائمة أو قريبة من القائمة في الأتربة الطينية والناعمة القوام، وتكون متوسطة الميل في الأتربة الخشنة القوام.

وعادة تُنشأ المصارف المكشوفة بقاع عرضه (120*cm*) ، كما يراوح عمق المصارف الفرعية من (150*cm*) إلى (300*cm*) والمصارف الرئيسية من (250*cm*) إلى (400*cm*) في المساحات المروية، ويجب ألّا يقل عمق المصْرَف عن (150*cm*) ، فإذا نقص عن ذلك فإنَّ قدرته على الصَّرْف تقل، وعادة تُنشأ المصارف المكشوفة لتحقق الأغراض الآتية:

1- جمع وصرف المياه السطحية الزائدة نتيجة مياه الأمطار أو الري أو الفيضانات أو غسيل الأرض من الأملاح عند استصلاحها.

2- منع اندفاع المياه من الأراضي العالية أو من مجاري المياه أو بسبب فعل المد والجزر وغمر الأراضي الواطئة أو المجاورة.

3- تجميع تسرب المياه من الأراضي العالية وقطع مسارها.

ولهذا النوع من المصارف مزاياه وعيوبه.

7-1-1. مزايا المصارف المكشوفة:

1- انخفاض نفقات الإنشاء الأولية.

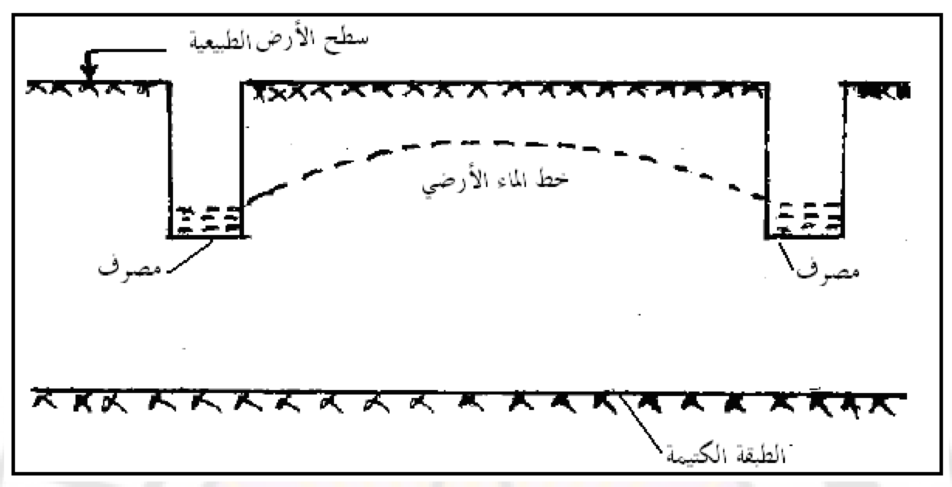
2- نقلها كميات كبيرة من المياه.

3- تفحص الانحدار بالنسبة إلى المصارف المغطاة.

4- سهولة التعرف على العوائق بالمصارف وسهولة تطهيرها.

5- أفضليتها في إصلاح الأراضي الملحية أو القلوية والغدقة كما تُفضَّل في صرف الأراضي الطينية الثقيلة.

6- يفضل استخدامها في حالة زيادة مياه الصَّرْف المجمعة من مساحات واسعة حيث لا تنفع المصارف المغطاة.



شكل (7–1) مخطط بين مصْرَفين مكشوفين

7–1–2. عيوب المصارف المكشوفة:

1- تُشجّع على زيادة الإسراف في مياه الري.

2- نقص المساحة الفعلية للزراعة بمقدار (15-20%) من المساحة الكلية.

3- تُعيق وتُعطِّل سير الآلات وعدم التمكن من استخدام المكننة بشكل صحيح وبكفاءة عالية.

4- تساعد على انتشار الحشائش والبعوض والحيوانات التي قد تتجول في مياهها.

5- ارتفاع تكاليف الصيانة لضرورة تطهيرها سنوياً.

6- تعمل على تفتيت الملكيات الصغيرة، ويتعذر تنفيذها حسب الأصول الفنية.

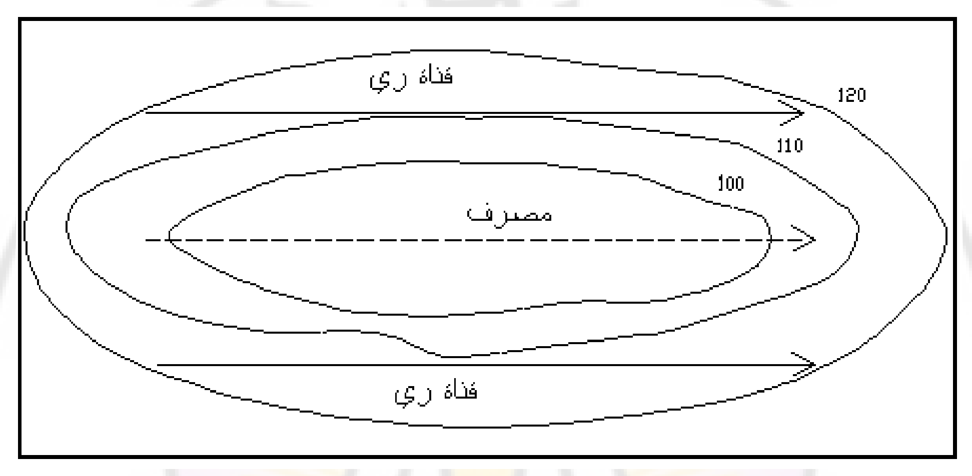
7–1–3. تخطيط المصاريف السطحية (المكشوفة)

- يجب تخطيط شبكة المصارف الحقلية والمجمعة والرئيسية بما يتفق مع الوضع الطبوغرافي للمنطقة مع تعديل التخطيط لعمل مصارف بحيث تسير بخطوط مستقيمة قدر الإمكان مع الإقلال من المنشآت الهندسية عليها كالجسور والعبارات والمساقط وغيرها.

- تتوضع أقنية الصَّرْف الرئيسية في المناطق المنخفضة مثل الأودية والمجاري المائية الشتوية، كما أن مصارف درجات مختلفة (أولى وثانية وثالثة..) تتوضع في المنخفضات الثانوية وبمحاذاة الطرق وأقنية الري وحدود المناطق الزراعية.
- من الضروري أن يكون مستوى الماء في المصْرَف العام وقت الفيضان منخفضاً نحو (30-40cm) عن مستوى الماء في المصارف المجمعة الرئيسية التي تصب فيه بما يحقق الإشراف المطلوب وكذلك لا بُدَّ من تحقيق الإشراف في المصارف المختلفة من درجات مختلفة (أولى وثانية وثالثة...).
- إن استصلاح الأراضي الملحية والقلوية يقتضي إمرار مقادير كبيرة من الماء خلال القطاع الأرضي والتخلص من الماء الزائد، كما يقتضي خفض منسوب الماء الأرضي، وكل ذلك يستلزم وجود شبكة من المصارف تستقبل الماء الراشح من باطن الأرض عند العمق المناسب، وتمنع ارتفاع مستوى الماء الأرضي، كما تستقبل المياه الزائدة من القنوات ومن سطح الأرض، وتتدرج هذه الشبكة في مساحة القطاع المدروس، وفي العمق ابتداء" من مصْرَف القطعة حتى المصْرَف العام. وبالنسبة لتخطيط لمصارف يوجد لدينا الحالات الثلاث الآتية:

1. **حالة الأراضي المتعرجة**: يتم إتباع القاعدة العامة نفسها في التخطيط حيث يُوضع المصْرَف في أخفض جزء من المساحة بينما الأقنية توضع في المناطق المرتفعة على الجانبين في المنطقة، كما هو موضح بالشكل (7-2)، حيث تُقسم الأراضي إلى مساحات صغيرة هي القطع، وتكون مساحة القطعة نحو (1/4 hectare) ويجري فيها غسيل الأملاح. يستقبل مصْرَف القطعة (مصْرَف درجة ثالثة) المياه المصروفة من سطح الأرض وباطن القطعة ويكون عمودياً على ميل سطح الأرض، وتصب مصارف القطع في المصْرَف المجمع درجة ثانية (مصْرَف المقسم)، الذي يكون موازياً لانحدار ميل الأرض، وتصب هذه المصارف في المصْرَف المجمع درجة أولى (مصْرَف القطاع) الذي يكون عمودياً على

انحدار الأرض، وتصب المصارف القطاعية في المصْرَف الرئيسي (مصْرَف المزروعة) الذي يكون موازياً لانحدار الأرض، وتصب مصارف المزرعة في المصْرَف المجمع الرئيسي الذي يكون عمودياً على انحدار الأرض، ويوصل المصْرَف المجمع الرئيسي بالمصْرَف العام.

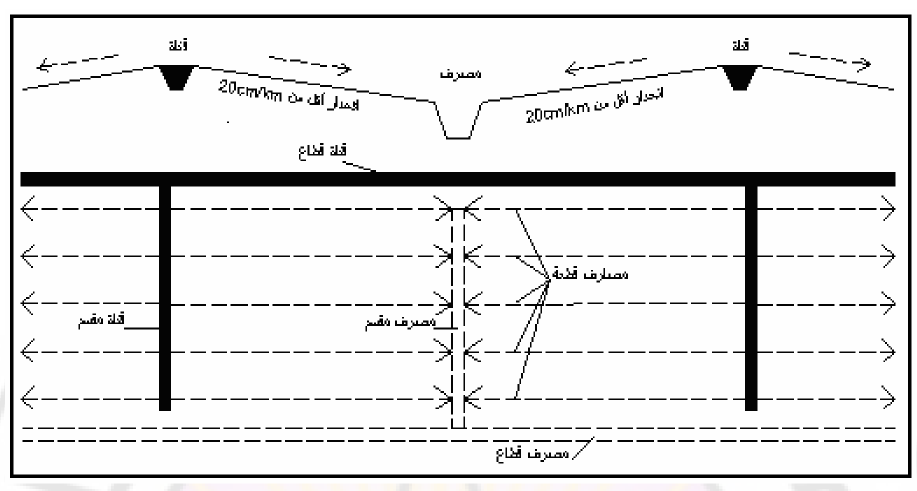


شكل (7–2)

2. حالة الأراضي قليلة الانحدار (منبسطة) وذات ميل منتظم لا يزيد الميل على

(0.0002) أي 20cm/km:

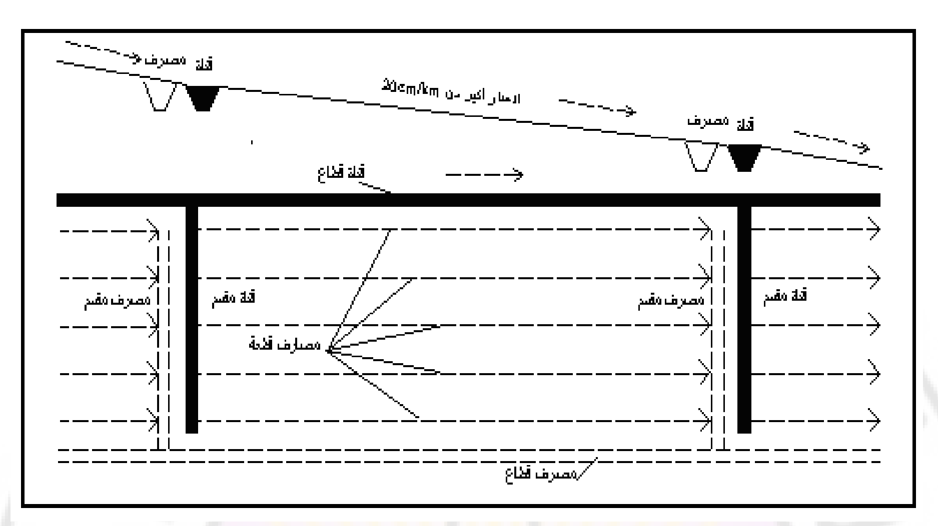
تكون خطوط التسوية متوازية ومتساوية البعد، ويوضع المصْرَف بحيث يتوسط المسافة بين كل قناتي ري، ويتبع هنا نظام الري ثنائي الإشراف على جانبي قناة الري، ويتلقى المصْرَف المياه أيضاً من جانبيه (مصْرَف ثنائي الإشراف) كما هو موضح بالشكل (7–3)، مع الملاحظة هنا أنه يمكن إجراء عملية تسوية سطح الأرض بتكلفة قليلة جداً حتى يتخذ الانحدار الاتجاه المطلوب.



شكل (7–3)

3. **حالة الأراضي ذات الانحدار الكبير المنتظم الذي يزيد على** (0.0002) : تكون خطوط الكونتور في هذه الحالة أيضاً متوازية ومتساوية البعد فيما بينها، فينتج عندئذ الري من جانب واحد من القناة، وكذلك يستقبل المصْرَف الماء من جانب واحد وتوضع المصارف بجوار الأقنية ولكن من الناحية المرتفعة عنها كما هو موضح بالشكل(7-4). إن الانحدار الكبير يؤدي إلي نفقات مالية كبيرة لإجراء عملية تسوية سطح التربة من أجل تخفيض مقدار الانحدار، لهذا تجري عملية الرِّي والصَّرْف من جانب واحد، أي تروي الأراضي من جانب واحد، وتجمع في الجانب الآخر المياه الزائدة، وهنا تكون المصارف أحادية الإشراف.

7–1–4. المقطع العرضي للقناة: إن المقطع العرضي ذا المردود الأعظمي هو المقطع الذي يعطي التصريف الأعظمي من أجل ميل مُعطى ومساحة مقطع عرضي معلوم، ومن ثَمَّ حين يكون المحيط المبلل أصغر ما يمكن.



شكل (7–4)تصميم المصارف السطحية (المكشوفة)

وبصورة عامة نستخدم في التصميم علاقة (Manning) في الجريان المنتظم ويعتبر الجريان مستقراً:

$$Q = A.C.\sqrt{Ri}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

فإذا فرضنا أن (A, i, n) تبقى ثابتة من أجل أي شكل للمصْرَف فإن التصريف (Q) يتزايد تبعاً لـ(R) ، وبما (R) نصف القطر الهيدروليكي يعطى بالعلاقة:

(المحيط المبلول) / (سطح المقطع المبلول) = (R)

إذاً يكون التصريف أعظمياً عندما يكون المحيط المبلول أصغرياً، ومن بين مختلف المقاطع العرضية للأقنية نجد أن الشكل النصف دائري يعطي أقل محيط مبلول إذْ تصنع هذه المقاطع من البيتون أو القرميد أو البلاستيك، ولكنها لا تصنع من الترب، إذ إنَّ تنفيذه صعب لذلك يستعمل عادة المقطع الشبه المنحرف أكثر من بقية المقاطع، ومن أجل هذه المقاطع نجد أن المقاطع التي تكون بشكل نصف مسدس ذي محيط مبلول أصغري، ومن ثَمَّ فهي تعطي أكبر مردود للصَّرْف.

المقاطع المصارف العرضية هي مقاطع في الحفر، ويجب ألا ينخفض عرض مصْرَف القطعة في القاع عن $(30cm)$، ويحدد حسب طريقة تنفيذ الحفر، أما عمقه في البداية فلا يقل عن $(0.8-1m)$، وعادة تنشأ المصارف السطحية المكشوفة الرئيسية بقاع عرضه $(120cm)$ وعمقها يراوح بين $(250-400cm)$، وعمق المصارف الفرعية يراوح بين $(50-300cm)$ في المساحات المروية، ويجب أن يكون المصْرَف السطحي عميقاً من أجل بقاء منسوب الماء الأعظمي فيه أخفض بمقدار $(20-30-40cm)$ من سطح التربة، وذلك لدى مرور التصريف الحسابي لهذه الأقنية، أما التصريف في الحالات العادية فلا يزيد على (10-15%) من التصريف الحسابي في أكثر الأوقات، أما قاع المصْرَف فيجب أن يسمح بتصريف المياه من أخفض نقطة في المنطقة المدروسة. ويجب أن يكون منسوب المياه في المصارف السطحية المتقدمة (مثلاً مصْرَف مجمع رئيسي) أخفض من منسوب المياه في المصارف المستجدة (مثلاً مصْرَف فرعي) بمقدار لا يقل عن (15cm) قيمة الإشراف المطلوب. وتقدر أمثال خشونة سطح المصْرَف وَفْقَ الجدول (7-1):

جدول (7–1) أمثال خشونة سطح تربة المصْرَف

المصْرَف السطحي	مستقيم ونظيف	مستقيم ومغطى بالحشائش	قوي وفيه نباتات	قوي وفيه نباتات مائية	قوي وفيه حشائش كثيفة
أمثال الخشونة	0.020	0.033	0.030	0.040	0.120

5-1-7. التصاريف الحسابية: تحسب المصارف السطحية على تصريف واحد هو التصريف الأعظمي، أما بالنسبة إلى مصارف الحماية والمفرغات والمفيضات ومصارف الدرجات المختلفة فتحسب كما يأتي:

مصارف الحماية: تحسب التصاريف للجريانات السطحية من العواصف المطرية على نحوٍ لا يزيد احتمالها على (10%) مع مقارنة فنية اقتصادية للتصاريف باحتمالات إضافية، وتحسب التصاريف حسب المساحة ومعامل الجريان.

المفرغات: يحدد التصريف لمفرغ القناة الرئيسية أو لفروعها بنصف التصريف العادي لهذه القناة في منطقة المفرغ، أمّا في نهاية الأقنية الترابية فتُحْسّب على أن التصريف يساوي (20 – 50%) من التصريف العادي في نهايتها.

المفيضات: يحسب تصريف المفيضات على أن التصريف يساوي تصريف القناة بكاملها.

مصارف درجات مختلفة: يحسب تصريف المصارف السطحية المتقدمة على نحوٍ لا يزيد على (30%) من مجموع التصاريف العادية لأقنية الري التي تصب في المصْرَف السطحي، كما يجب التحقق من تصريف مياه العواصف المطرية، ويتم التصميم على التصريف الأكبر بينهما، أما تصريف المصارف الحسابي في نهاية الأقنية فيساوي تصريف القناة في نهايتها، أما بالنسبة إلى المصارف في عقدة من المنشآت حيث تتفرع عدة أقنية من القناة المتقدمة فيساوي تصريف المصْرَف إلى تصريف أكبر قناة متفرعة، أما للمصْرَف قبل منشأة مهمة فيساوي تصريف القناة قبل المنشأة المهمة.

الميول العرضية إلى المصارف: إن استقرار الميول الجانبية عند بناء المصارف السطحية يعتبر عاملاً مهماً جداً يؤثر في إمكانية استقرار هذه المصارف، ويتأثر استقرار جوانب المصْرَف السطحي إلى حد كبير بنوع التربة. فالتربة الرملية ذات التماسك الضعيف تكون غالباً غير مستقرة، وكذلك الأمر بالنسبة للتربة الغضارية، إذ إنَّه في حال تنفيذ المصارف السطحية في التربة الغضارية فإنه غالباً ما تصير جوانبها موحلة بسبب ضغط الماء الذي تتشربه الجوانب، وهذا الضغط يؤدي إلى رفع جزيئات التربة من الجوانب وترسيبها في قاع المصْرَف السطحي ومن ثَمَّ إلى تراكم الطمي في القاع، كذلك فإن تربة القاع يمكن أن تُرفع بسبب الضغط الجزئي الناتج عن عدم استقرار أسفل المصْرَف. هناك عدة طرق

لزيادة استقرار جوانب المصْرَف عندما تكون التربة غير مستقرة نسبياً، إذْ يمكن زيادة التدعيم بواسطة ضغط سطل الحفارة على تربة الجوانب على سبيل المثال. كما أنه يوجد هناك آلات خاصة تستخدم لهذا الغرض حيث ترص التربة إلى حد معين يَضْمن استقرارها. وتؤخذ ميول جوانب المصارف العرضية السطحية عادة بين (3:2)، (2:1) ونادراً ما تكون (1:1).

حت وتوضع التربة وعلاقته بميول المصارف الطولية : يقصد بالحت والتوضع هنا جرف تربة المصْرَف بواسطة المياه ونقلها إلى أمكنة بعيدة حيث تتراكم بشكل طمي في قاع المصْرَف، وتؤثِّر نوعية التربة تأثيراً مهماً في هذه العملية، ومن أجل ذلك يجب تصميم ميل المصْرَف بحسب طبيعة التربة لتجنب حدوث مثل هذه الحادثة. ويُعتمد أثناء التصميم على ملاحظة حفر أو مصارف أخرى في المنطقة ومراقبة الآثار الناتجة عن الحت فيها، وإذا لم يكن هناك مثل هذه المصارف فيُلْجَأ عندئذ إلى الإرشادات التي تقدمها الإدارات الحكومية المختصة، إذْ تُعطى ميول المصارف المسموحة الأعظمية حسب نوع التربة.

إن عملية الحت والتوضع تغير ميول الأقنية، فكلما كانت المصارف منبسطة وذات ميول خفيفة زادت كمية التربة المتوضعة، بينما تزيد كمية الحت مع زيادة ميل المصْرَف.

يتم التخلص من التربة الناتجة عن تنظيف المصارف عن طريق وضعها على شكل أكوام تبعد بمسافات قليلة عن طرف المصْرَف، وتدعى بالمسافة الفاصلة، وتحدد هذه المسافة حسب عمق التربة المزاحة وتوازن مقطع المصْرَف، ونوع أجهزة الصيانة المستعملة، فكلما قلت هذه المسافة فإن استقرار جانب المصْرَف سوف يضعف بسبب الضغط الناجم عن وزن أكوام التربة المزاحة، كما أن التربة المزاحة والمتوضعة على جانب المصْرَف سوف تؤدي إلى خروج مساحات كبيرة من الأراضي الزراعية من الاستثمار، لذا يُعمد في بعض الأحيان إلى فرش هذه التربة في الحقل على أن يتم الانتباه إلى درجة خصوبتها وملوحتها،

فقد تؤدي إلى تخفيض مردود الإنتاج في حال كانت ذات درجة ملوحة مرتفعة، الأمر الذي يدفعنا إلى إجراء عمليات الغسيل والاستصلاح.

وتختلف ميول المصارف الطولية السطحية حسب الغزارة المارة ودرجة المصْرَف وتراوح بين $(0.001-0.0001)$.

سرعة الجريان المسموحة في المصارف السطحية: تراوح سرعة الجريان في المصارف السطحية $(0.4-0.5m)$ وذلك تبعاً لطبيعة تربة المصْرَف والغزارة المارة وحمولة مياه الصَّرْف من المواد الصلبة العالقة والمتدحرجة والنباتات المائية التي تنمو في المصارف. وفي كثير من الأوقات نادراً ما تتجاوز سرعة الجريان في المصارف على $(0.7-0.8m/\sec)$ ، ويمكن أن تنخفض سرعة الجريان إلى بضعة سنتمترات في الثانية في المصارف الحقلية.

ملاحظة: قد يتطلب التصميم إنشاء محطات ضخ على شبكة الصَّرْف، ولاسيّما إذا كانت كمية المياه الراكدة على سطح التربة الزراعية الواجب إزالتها كبيرة، وكانت التربة الزراعية ذات معدل رشح ضعيف.

2-7. المصارف المغطاة Covered Drains:

وهي عبارة عن أنابيب دائرة الشكل تصنع من مواد مختلفة أكثرها شيوعاً الإسمنت والطين (الفخار) والبلاستيك. تركب هذه القطع من الأنابيب بعضها مع بعض لتشكل أنبوباً متواصلاً في قاع أخدود ضيق يميل باتجاه المصْرَف المكشوف . يُفرَش فوق هذه الأنابيب أو تغلف بمواد مسامية يرشح ماء الصَّرْف خلالها ، وتقلل من مرور المواد العالقة كالطين والسلت.

ويدخل ماء الصَّرْف إلى داخل الأنابيب عبر الوصلات الكائنة بين قطع الأنابيب عبر فتحات في جسم الأنبوب ، ثم ينساب الماء داخل الأنبوب ليَصُبَّ في المصْرَف المكشوف. وهذه المصارف تعمل على إزالة المياه الزائدة في الطبقة العليا من التربة بالإضافة إلى خفض منسوب المياه الأرضية وضبط مقاييسها من أجل التوازن المائي

والملحي، ويكون مصدر المياه المراد إزالته إما التسرب بعد سقوط الأمطار أو الري الغزير أو من المجاري المائية والسطوح المائية ذات المنسوب العالي أو من أحواض مياه أرضية ذات ضغط ارتوازي.

تنفذ المصارف المغطاة الرئيسية ***Mains*** أو المجمعات ***Collectors*** أو الفرعية ***Submains*** أو الحقليات ***Laterals*** بقصد التحكم في مستوى الماء الأرضي والإصلاح عن طريق التخلص من المياه الأرضية. وللتقدم الكبير في الآلات الخاصة بصناعة الأنابيب وتنفيذ المصارف بالحقل تقوم الآلة بأعمال الحفر ووضع الأنابيب وتغليفها بالمرشحات ثم الردم عليها، وهذا أدى إلى خفض تكاليف الإنشاء كثيراً وسهولة التنفيذ ودقته.

1-2-7. مزايا المصارف المغطاة:

1- توفر المصارف المغطاة من (15-20%) من المساحة الكلية للأرض المزروعة مقارنةً بالمصارف المكشوفة.

2- لا تساعد المصارف المغطاة على انتشار الحشائش والبعوض.

3- انخفاض تكاليف الصيانة لعدم حاجتها إلى الصيانة السنوية.

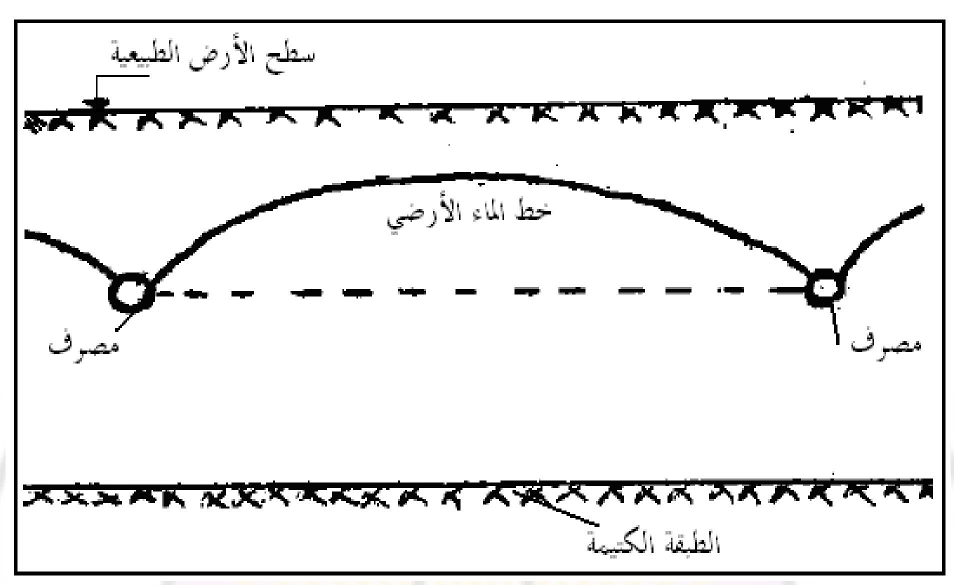
4- نقص الاحتياجات المائية للمناطق التي بها شبكات صرف مغطاة بنحو (17%) لعدم ضياع المياه.

5- تُوفِّر العمق الكافي من الأرض الذي يتهيأ فيه الأسباب لحركة ودورات متصلة للهواء خلال الأرض.

6- تُخلِّص الأرض من كميات كبيرة من الأملاح.

7- تُعمِّر المصارف المغطاة ما لا يقل عن (50) سنة إذا أُتقِنت صناعتها وتنفيذها.

8- إجراء العمليات الزراعية بسهولة تامة مثل الحرث والتخلص من الحشائش وجمع المحصول.



شكل (7-5) مخطط يبين مصْرَفين جوفيين

7-2-2. عيوب المصارف المغطاة:

1- كثرة تكاليف إنشاء شبكة الصَّرْف المغطى في البداية كتكاليف الحفر وثمن الأنابيب وتركيبها ووضع المرشحات حولها والردم فوقها.

2- عدم إمكانية التخلص من مياه الصَّرْف السطحي أو المياه الزائدة على سطح التربة.

3- زيادة الانحدار مما قد يؤدي إلى ضرورة رفع مياه الصَّرْف بالآلة في الأرض المنبسطة الواسعة.

4- يحتاج تنفيذ شبكة الصَّرْف المغطى إلى كثير من الخبرات والوقت من أجل التنفيذ والصيانة على نطاق واسع، ولاسيّما في الأقطار النامية.

5- صعوبة تنظيف الأنابيب.

6- عدم ملاءمة الأنابيب الإسمنتية للأرض الملحية التي تبلغ فيها نسبة كبريتات الصوديوم والمغنزيوم 3% بينما لا تتأثر الأنابيب الفخارية.

7- قد تُسَّد الأنابيب نتيجة لدخول جذور بعض الأشجار كالحور والصفصاف وكذلك الحشائش وجذور المحاصيل مثل جذور الفصة والبرسيم. أو دخول حيوانات صغيرة فيها وركود بعض الرواسب بداخلها، وهذا يؤدي إلى منع نقل المياه بداخلها.

3-2-7. أنابيب الصَّرْف المغطى: تقسم الأنابيب إلى عدة أقسم حسب المادة المصنوعة منها وهي:

1- الأنابيب الفخارية Clayar Tilepipes: وهي عبارة عن أنابيب تصنع من الطين ثم تُحرق ، ويبلغ طولها عادة ($30cm$) وبقطر ($10cm$) وبسمك ($1.5cm$) وهذا يتوقف على البلد الصانع، ففي قطرنا يكون طولها ($30cm$) وقطرها ($10cm$) وسماكتها ($1.5cm$) أما في هولند ة والاتحاد السوفييتي فيبلغ طولها ($30cm$) وبقطر يراوح بين ($5-15cm$)، وتصنع بشكل أنثى وذكر (أي بشفة أو دون شفة) والمواسير (الأنابيب) قد تطلى من الداخل أو الخارج ، وتعتبر مقاومة لكبريتات الصوديوم أو المغنزيوم.

2- الأنابيب الإسمنتية Concrete Pipes: وتستعمل أيضاً بكثرة في جميع أنحاء العالم في هولندة والاتحاد السوفييتي وأمريكة ومعظم البلدان النامية ، وتُصنع بطول ($30cm$) وبقطر يراوح ($5-10cm$) وبسمك ($1.5-2cm$) ومن أهم مميزات هذه الأنابيب سهولة صنعها وتوفر المواد التي تصنع منها ، ولكن من أهم عيوبها التآكل من قبل الأحماض والكبريتات التي قد تحتويها الأرض.

3- الأنابيب البلاستيكية Plastic Pipes: وقد شاع استعمالها في الوقت الحاضر في جميع أنحاء العالم بسبب سهولة صنعها، وقوة تحملها، وسهولة نقلها وتجهيزها. وعادة تصنع بأقطار ($5cm$) وبطول يراوح بين($5-6m$) وعلى طول الأنبوب ومحيطه توجد صفوف من الثقوب بطول ($2.5cm$) وعرض ($5-6cm$) بقصد دخول الماء إلى

داخلها حيث يبلغ عددها في المتر الطولي (40) ثقب . وسمك الأنبوب يراوح بين $(0.8-1.4cm)$ ويبلغ وزن المتر الطولي منها حسب الأقطار بين $(150-400gr.)$.

وأهم مميزات الأنابيب البلاستيكية:

1- سهولة توفرها.

2- رخص ثمنها.

3- قلة كلفة النقل.

4- أكثر ملاءمة لرصها في الأرض من قبل الآلة.

5- تحتاج إلى عدد قليل من العمال عند وضعها في التربة.

وتختلف شكل الأنابيب البلاستيكية حسب الشركات الصانعة فقد تكون ملساء ومثقبة بثقوب على طولها ومحيطها، أو أن تكون متموجة ، وتكون الثقوب بين التموجات، وأحياناً تكون ملفوفة بعضها على بعض وغير ذلك.

4- الأنابيب الستريمول Strimol Pipes وهي أنابيب مشابهة للأنابيب الفخارية والإسمنتية، وتكون مصنوعة من مادة خفيفة، أقطارها $(5cm)$ وطولها $(30cm)$ تستعمل على نطاق ضيق ومن مميزاتها سهولة نقلها، ومن عيوبها أنها خفيفة الوزن، لذلك تذريها الرياح عند وضعها في الحقل.

7-2-4. أنواع المرشحات (المصافي) أو الفلتر (filters):

كثيراً ما يحدث بعض الضغوط نتيجة رشح المياه مع دخول مياه الصَّرْف إلى المصارف عند الوصلات أو الفرشة تحتها، مما يؤدي إلى تحريك حبيبات التربة وخلخلتها مما يسبب هبوطاً أو تآكلاً حول الوصلات أو تحت الفرشة، وهذا يؤدي إلى انسدادها.

ولمنع هجرة هذه الحبيبات يتم تغطية أو تغليف الوصلات بمواد خشنة أكبر حجماً تسمى مرشحات Filters بسمك يراوح بين $(5-10cm)$ حتى لاتعيق حركة المياه ولتطيل

من عمر شبكة الصَّرْف ، وتقلل الحاجة إلى صيانتها ، وتزيد من قدرة المصارف على استيعاب المياه بحركة أكثر، وهذا يؤدي إلى زيادة المسافة بين المصارف.

وقد توضع الفرشة بطول الأنابيب ولاسيَّما في الأراضي الصودية التي يخشى من عدم استقامتها أو تغير ميولها، أو قد توضع المرشحات حول الأنابيب أو على الوصلات وتكون من طبقة واحدة أو أكثر من طبقة.

وعادة تستعمل المرشحات لتحقيق الأهداف الآتية:

1- أن تكون أكثر نفاذية للمياه منها لحبيبات التربة أي يكون قطر حبيبات المرشح أكثر من قطر حبيبات التربة المحيطة.

2- منع حركة التربة إلى المصْرَف أو إلى المرشح نفسه ، أي أن تكون الفراغات بين حبيبات المرشح صغيرة بدرجة أنها تمنع حبيبات التربة حولها من الدخول.

3- أن يكون سمك المرشح كافياً لحسن توزيع أحجام مواده وتحقيق عزل كافٍ.

4- أن تَمنع حركة مواد الفلتر إلى داخل الأنابيب.

وأهم أنواع المرشحات هي:

1- الحصى Cravel: وهي عبارة عن مواد تؤخذ من مجاري الأنهار بعد غسله ا جيداً من الشوائب العالقة ، أو أن تُكسَّر الأحجار بواسطة آليات خاصة لهذه الغاية والمستعملة في مواد البناء، وعادة يراوح قطرها $(0.5-1cm)$. يمكن أن يوضع الحصى كفرشة تحت المصارف أو على الوصلات أو على طول الأنبوب. وهو رخيص الثمن بمقارنته بالمواد الأخرى ، والمصارف التي نُفذت في الغاب وفي حوض الفرات استعمل فيها الحصى كمرشح.

2- الدوبال Peat : هذا النوع يستخدم بكثرة في هولند ة والاتحاد السوفييتي ويُصنع بآلات بأبعاد $(10-70cm)$ ، ومن مميزاته رخص ثمنه وكفاءته العالية.

3- كلاس فيبر glass feber: يستخدم في حالة استخدام الأنابيب البلاستيكية ويغلف الأنبوب كاملاً ، هو عبارة عن صفائح سمكها $(0.2 - 0.5cm)$ ، ومن مميزاته سهولة استخدامه، ولكنه ذو سعر مرتفع.

4- الصوف الزجاجي glass wool: وهو يشبه الصوف تُغلَّف فيه الأنابيب بشكل طبقة رقيقة بسمك $(0.5 - 1cm)$ أو تغلف فيه مكان الوصلات فقط.

والأنواع الثلاثة الأخيرة لها تأثير فعال جداً في حجز حبيبات الرمل والسلت ، ولكن لها بعض العيوب منها أن مساميتها تقل كثيراً إذا احتوت مياه الصَّرْف على مركبات الحديد.

7-2-5. عناصر شبكات الصَّرْف:

تتكون شبكات الصَّرْف المغطى من المصارف الآتية:

آ - **الحقليات**: تقوم بعملية الصَّرْف عن طريق الوصلات التي تترك بين مواسيرها أو عن طريق الثقوب المتوضعة على المواسير نفسها أو عن طريق الرشح عبر جسم هذه المواسير.

ب - المجمعات الثانوية: تجمع المياه القادمة من المصارف الحقلية التي تصب فيها، وتكون وصلات المجمعات الثانوية ملحومة.

ج - المجمعات الرئيسية: هي المصارف التي تصب فيها المصارف المجمعة الثانوية وهذه المجمعات الرئيسية تصب في المصارف العامة المكشوفة.

وقد يُستغنى عن المجمعات الثانوية ، فتصب المصارف الحقلية في المجمعات الرئيسية مباشرة، أو قد يُستغنى عن المجمعات الرئيسية فتصب المجمعات الثانوية في المصارف العامة المكشوفة مباشرة. ويجدر الانتباه إلى ضرورة أخذ الملاحظات الآتية بعين الاعتبار بالنسبة إلى شبكة الصَّرْف المغطى:

آ - **الحقليات**:

آ–1– توضع المصارف الحقلية على نحو يكون الراسم السفلي لها عند المبدأ على عمق لا يقل عن ($120cm$) من سطح التربة، وهذا العمق يختلف حسب طبيعة التربة خفيفة أم ثقيلة.

آ–2– أقل انحدار للحقليات هو 10 cm / 100 m ويزداد إلى 20 cm / 100 m في الحدود التي تسمح بها مناسيب الصَّرْف العام والمجمعات، على أنه يؤخذ في المتوسط 15 cm / 100 m.

آ–3– يُراعى ألا يزيد طول المصارف الحقلية على (150 m) بصفة عامة حتى لا يضطر إلى تعميق المجمعات كثيراً مما يكلف مبالغ باهظة.

آ–4– يراعى تزويد مبادئ الحقليات بأعمدة غسيل غاطسة بقطر (10cm) تحت أرض الزراعة بنحو (50cm) تصنع من الفخار وذلك لغسيل الحقل.

ب – المجمعات:

ب–1– يوضع المصْرَف المجمع بحيث يكون الراسم العلوي له أعمق بمقدار ($5-15cm$) عن الراسم السفلي للمصْرَف الحقلي الذي يصب فيه ، وذلك عند كل نقاط التقاء المصارف الحقلية بالمجمعة، وذلك لتحقيق إشراف المصارف المجمعة على المصارف الحقلية.

ب–2– يزود المجمع بغرف تفتيش في بدايته ونهايته وعند نقاط التقاء المصارف الحقلية بالمجمعة ، وعند كل تغير في الميل أو المسار أو على مسافات محددة لا تزيد على ($200-300m$).

ب–3– يحدد الحد الأدنى لانحدار المجمعات بـ:

3 cm / 100 m عندما تكون الأقطار أكبر من 25 cm.

4 cm / 100 m عندما تكون الأقطار مساوية 20 cm.

6 cm / 100 m عندما تكون الأقطار مساوية 15 cm.

(وذلك حسب الخبرة المصرية).

وكلما سمحت مناسيب المصْرَف العام يجب أن يُراعى زيادة الانحدارات السابقة في حدود زيادة السرعة (20%-50%) عن السرعة التي يعطيها الحد الأدنى للانحدارات.

ب-4- يجب ألا يزيد طول أي مجمع رئيسي عن (1000m) كما يجب ألا تزيد أقطار مواسيره على (30*cm*) وذلك حتى لا يضطر إلى استعمال مواسير من البيتون المسلح إذا زاد القطر على ذلك، وفي هذه الحالة يجب ألّا تصب فيه المصارف الحقلية إلا عن طريق مجمعات ثانوية.

ب-5- عندما يكون المصْرَف العام المكشوف على عمق غير كافٍ لصرف مياه المجمعات الرئيسية بالراحة ؛ عندها تُستخدم مضخات لضخ المياه من غرفة تجميع مياه الصَّرْف.

7-2-6. الدراسة التصميمية إلى المصارف المغطاة:

سنستعرض في الدراسة التصميمية إلى المصارف المغطاة الميل الطولي للصَّرْف وطول المصْرَف وقطر المصْرَف.

إن الصَّرْف الرئيسي هو أساس الصَّرْف المغطى فإذا كان عمق الصَّرْف الرئيسي غير كافٍ فلا بُدّ أن يؤدي ذلك إلى نتائج عكسية حيث ترتد المياه إلى المصارف الفرعية، ونتيجة الدراسات وُجد أن تخفيض مياه المصارف الرئيسية إلى عمق (2.5m) تحت سطح الأرض يكون كافياً لتهيئة صرف جيد للأراضي. ويُعتمد في تصميم أقنية الصَّرْف على أمثال الصَّرْف التي يقابلها المقنن المائي في أقنية الري إذ إنَّ هناك فرقاً بين المقنن المائي وأمثال الصَّرْف ، فالمقنن المائي نحدده نحن ، وذلك وَفْقاً لمتطلبات الأرض الزراعية ، وذلك بعد دراسة اقتصادية كاملة للمشروع. أما المصارف فليس لها مقنن مائي معين ، وإنما هناك كمية من الأمطار والمياه يجب أن تُصْرَف إلى الأقنية. وقد تتعلق أمثال الصَّرْف إلى حد كبير بطبيعة التربة - غزارة الأمطار - طبيعة النباتات النامية في المنطقة. لذلك تحدد

لكل منطقة أمثال صرف خاصة بها ، وصرف المياه شيء ضروري وأساسي ، فإذا كانت الأرض الزراعية ذات إنتاج عالٍ فإن صرف المياه ضروري للمحافظة على إنتاجية الأرض.

الميل الطولي للمصْرَف:

يتبع عادة ميل الأرض ويراوح هذا الميل في الأراضي الزراعية (0.001) إلى (0.005)، وقد يصل أحياناً فيبلغ (0.01)، وهناك بعض الحالات التي لا يمكن للمصْرَف أن يمتد بجوار سطح الأرض ، فمثلاً إذا كانت الأرض شديدة الميل فالمصْرَف لا يمكن أن يتوازى معها ، وإلا صار الجريان شديداً ، وفي هذه الحالة يعمل شلالات في حفر تحت الأرض. أما إذا كانت الأرض منبسطة جداً فالمصْرَف يجب أن يُعطى ميلاً معيناً. لذلك في هذه الحالة يُعمَل على وضع مجموعة ضخ.

ويُعطَى ميل المصْرَف الحقلي حسب القطر وحسب الميل الطبوغرافي كما يأتي:

$5\,cm \le$ قطر المصْرَف $\le 10\,cm \Rightarrow i > 0.002$

$12.5\,cm \le$ قطر المصْرَف $\le 20\,cm \Rightarrow i > 0.0015$

$20\,cm <$ قطر المصْرَف $\Rightarrow i > 0.001$

ويوصي الكثير من الباحثين بانحدارات في الحدود (0.15%) لمصارف قطر (10cm) و (0.05%) لمصارف قطر (30*cm*) أو أكبر.

فمن أجل العمل على تنظيف أنابيب الصَّرْف تلقائياً فلا بدّ أن يكون لها انحدارٌ مناسبٌ لكي يعطي المياه الجارية فيها سرعة كافية لحمل الرسوبيات خارج الأنبوب، وفي الخبرة الأوربية تؤخذ السرعات ما بين 0.2 m/sec إلى 0.25 m/sec، أما في الخبرة الأمريكية فقد بينت التجارب أن السرعات تؤخذ بقيم أعلى من الأوروبية وهي بين 0.3 m/sec إلى 0.45 m/sec وهذه السرعات موضوعة بفرض أن المياه تجري في المواسير بكامل مقطعها.

وبشكل عام فإن سرعة المياه في المصارف المغطاة تراوح بين 0.2m/sec إلى 0.4m/sec وقد تهبط هذه السرعة في المصارف الفرعية والحقليات إلى $(0.05-0.07cm/\sec)$ ، ويَندر عادة أن تكون المصارف الفرعية مملوءة بالماء أثناء الصَّرْف. وفيما يلي قيم الانحدارات المرغوب فيها، وهي مبينة في الجدول (7-2):

جدول (7-2) أقل وأقصى انحدارات مرغوب فيها

قطر الماسورة بالميليمتر	الانحدارات (%)				
	أقل انحدار مرغوب فيه	أقل انحدار	أقصى انحدار		
			تربة رملية غرينية	تربة طينية غرينية	تربة طينية متماسكة
70	0.4	-	4.0	5.0	8.3
100	0.3	0.1	1.7	3.3	6.7
150	0.2	0.05	1.0	3.0	4.0

طول المصْرَف:

يتعلق هذا الطول بثلاثة عوامل هي:

1- التصريف الذي يمكن أن يجري في المصْرَف.

2- عرض المنطقة التي تُصرف بواسطة المصْرَف.

3- أمثال الصَّرْف (C_d) وفقاً للعلاقة الآتية:

$$Q = C_d * L * B$$

$$L = \frac{Q}{C_d * B}$$

حيث:

L: طول المصْرَف (m).

Q: التصريف المار (m^3/sec).

C_d: أمثال الصَّرْف ($m^3/sec*hec$).

B: التباعد بين مصْرَفين متتاليين أو عرض المنطقة (m).

ولذا كان لا بدّ من تحديد عرض المنطقة B بإحدى الدراسات النظرية ، كي يمكن تحديد طول المصْرَف. ويراوح طول المصْرَف عادةً بين ($100-500m$) وقد تساعد الشروط المحلية ولاسيَّما طبوغرافية المنطقة وصفات التربة إلى زيادة هذا الطول فيبلغ نحو ($700m$) أحياناً.

أقطار المصارف:

تختلف أقطار المصارف من 4 إنش إلى 50 إنش، وتزيد الأقطار بمعدل 2 إنش من قطر إلى آخر أكبر منه، ويُفضَّل ألَّا يستخدم أي مصْرَف بقطر يقل عن 4 إنش لامتلاء القساطل الصغيرة بالطمي في مدة قصيرة جداً.

وتصنع هذه المصارف من الإسمنت والرمل بواسطة الآلات المصنعة محلياً.

والمصارف الإسمنتية هي أكثر الأنواع ملائمة لتوفير المواد اللازمة لها وقد أثبتت التجارب أيضاً أنها لا تتأثر بالأملاح الموجودة بمياه المصْرَف إلا إذا تجاوزت كبريتات الصوديوم والمنغنيزيوم 1500 جزء من المليون كذلك نقص (PH) في التربة عن 6.

7-2-7. تحديد عمق المصارف

تُحدد أعماق المصارف بحسب عمق منطقة الجذور التي هي في الحدود ($0-1m$) وبحسب أقل عمق لمستوى سطح الماء الأرضي الذي يؤخذ عادة ($1-1.5m$)، ويختلف عمق المصْرَف عن سطح الأرض في المصْرَف الواحد تبعاً لانحداره. غير أنه يُؤخذ العمق عادة في منتصف المصْرَف كالآتي:

في الأراضي الطينية من 1.5 m إلى 1.75 m.

في الأراضي الطينية الطمية من 1.25 m إلى 1.5 m.

في الأراضي الرملية 1.25 m.

8-2-7. تحديد التباعد بين المصارف:

يتم تحديد التباعد بين مصْرَفين حقليين جوفيين متتاليين كما يأتي:

آ – حالة الجريان غير المستقر؛ يمكن الوصول إلى المعادلة الآتية:

$$L = \left[\frac{\pi^2 * K * H * t}{(2.30) * S * \log_{10}\left(1.16 * \frac{h_0}{h_t}\right)} \right]^{1/2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث:

L = البعد بين مصْرَفين جوفيين متتاليين.

S = أمثال التخزين (أو الإنتاج النوعي) لمنطقة الجذور.

ويمكن تقديره من العلاقة التقريبية الآتية:

$$S = \frac{1}{100} * \sqrt{K} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث: K = قابلية النفوذ لمنطقة الجذور مقدرة سم/اليوم.

كما يمكن تقدير الزمن (t) من العلاقة التقريبية الآتية:

$$T * t = 30 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث:

T = درجة الحرارة (مئوية) التي يمكن أن تتحملها جذور النباتات المغمورة بالماء خلال فصل الشتاء وفي نحو 10-8 درجات مئوية.

t = عدد الأيام التي يمكن لجذور النباتات أن تتحمل خلالها الغمر بالماء.

تسمى العلاقة (1) بعلاقة Glover-Dumm أو علاقة مكتب استصلاح الأراضي في الولايات المتحدة الأمريكية، ويوجد مخططات بيانية تعطي مباشرة قيمة $\frac{h_t}{h_0}$ بدلالة الزمن (t) حين تكون المصارف أعلى من الطبقة الكتيمة أو عليها مباشرة.

ب – حالة الجريان المستقر: على أن الجريان نحو المصارف الجوفية المغطاة هو جريان غير مستقر، فحساب التباعد بين المصارف الجوفية على فرض أن الجريان مستقر قد أُعْطِيَ، حسب دراسات (**Hooghoudt**)، ومن ثم (**Donnan**) نتائج قريبة جداً من نتائج علاقة (**Glover/Dumm**). ففي حالة الجريان غير المستقر فمن فرضيات (**Dupuit-Forchhimn**) وباعتبار أن التصريف يزداد ازدياداً خطياً من المحورين لمصْرَفين متتاليين، حتى أحد المصارف.

أي:

$$q_x = \frac{Q}{L} * \left(\frac{L}{2} - x \right)$$

نجد:

$$q_x = (Y * 1) K \frac{dy}{dx}$$

ومنه:

$$q_x * dx = y * K * dy$$

وبالاستبدال والتكامل نجد:

$$\frac{Q}{L} \left[\frac{L}{2} * x - \frac{x^2}{2} \right]^{L/2} = K * \left[\frac{Y^2}{2} \right]_{H_0}^{H}$$

$$L = \frac{4K\left(H^2 - H_0^2\right)}{Q}$$

غير أن أمثال التصريف C_D هو في الواقع:

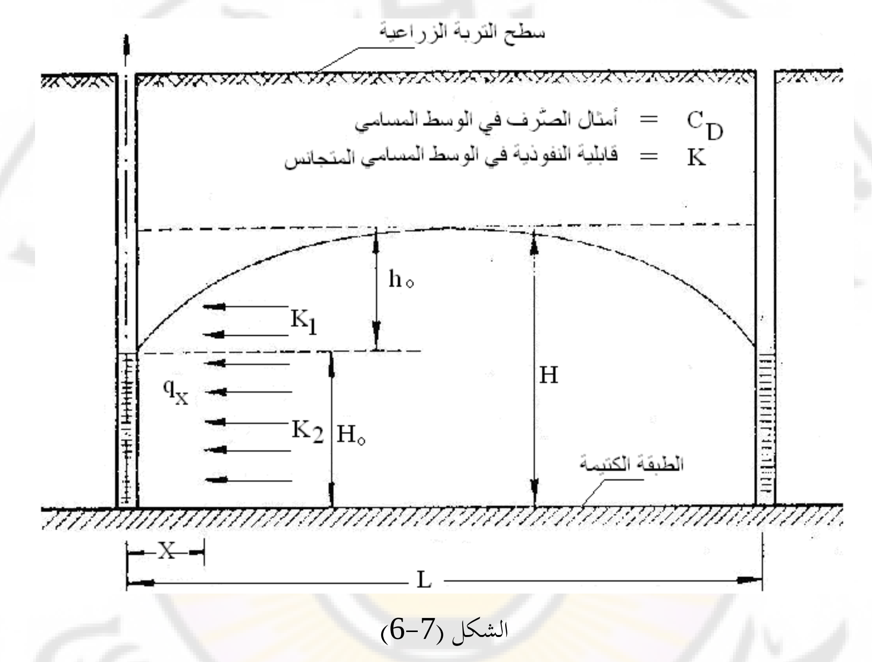
$$C_D = \frac{Q}{L * 1}$$

ومنه:

$$L^2 = \frac{4K\left(H^2 - H_0^2\right)}{C_D} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

وفي الحالة التي تقع فيها المصارف الجوفية المغطاة فوق الطبقة الكتيمة مباشرة تص   ير العلاقة السابقة:

$$L^2 = \frac{4KH^2}{C_D} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$



الشكل (6-7)

يمكن اعتماداً على الشكل (6-7) كتابة ما يلي:

$$H^2 - H_0^2 = (2H_0 + h_0) * h_0$$

وبالتبديل في العلاقة (4)، نجد أن:

$$L^2 = \frac{8KH_0h_0 + 4Kh_0^2}{C_D} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6)$$

$$L^2 = \frac{4K\left(H^2 - H_0^2\right)}{C_D} = \frac{8KH_0h_0 + 4Kh_0^2}{C_D}$$

وعندما تكون قابلية نفوذ الوسط المسامي فوق مستوى المصارف الجوفية هي (K_1) وقابلية نفوذ الوسط المسامي تحت مستوى المصارف الجوفية هي (K_2) تصير العلاقة السابقة:

$$L^2 = \frac{8 K_2 H_0 h_0 + 4 K_1 h_0^2}{C_D}$$

وهي علاقة (Hooghoudt) الشائعة الاستعمال في حساب التباعد بين المصارف الجوفية المغطاة.

ومهما تكن العلاقة المستخدمة في التصميم، فإن المهم هو في الواقع تحديد المعطيات الأساسية الواجب استخدامها في أي من هذه العلاقات بشكل صحيح، وبصورة خاصة الحصول على:

أ – قابلية النفوذ (K_1) و(K_2).

ب –أمثال التصريف (C_D).

ت –زمن الغمر المسموح به لجذور النباتات (t).

ث –الملوحة التي يمكن للنباتات تحملها (C_{sm}).

ج – أمثال التخزين النوعي (S).

ح – تقدير العمق الاقتصادي للمصْرَف تحت سطح التربة الزراعية.

خ –عمق الماء الجوفي المسموح به تحت سطح التربة الزراعية.

د – عمق المصْرَف الجوفي المغطى تحت سطح التربة الزراعية.

ذ – التباعد بين المصارف الجوفية المغطاة الحقلية.

لذا كان لا بدّ من إجراء تحريات واسعة والقيام بدراسات كافية للحصول على هذه المعطيات الأساسية قبل وضع التصاميم.

ويمكن تحديد التباعد بين مصْرَفين حقليين جوفيين متجاورين باستخدام علاقة (Kostikov) الآتية:

$$B = \frac{\pi * K * H}{C_d \left(2.3 \log \frac{B}{D} - 1\right)}$$

حيث:

B = التباعد بين المصْرَفين الحقليين الجوفيين المتجاورين (m).

K = معامل النفاذية (m/day).

H = ارتفاع منسوب الماء في منتصف المسافة بين المصْرَفين الحقليين المتجاورين فوق منسوب سطح الماء في المصْرَف الحقلي (m).

D = قطر المصْرَف بـ (m) والذي يحسب من العلاقة الآتية:

$$D = 0.53 P$$

حيث:

P = المحيط المبلل لمقطع الصَّرْف بـ (m) مع الأخذ بعين الاعتبار طبقة الفلتر حول المصْرَف، وتكون هذه الطبقة عادة بسماكة قدرها ($10cm$) تقريباً.

ومن ملاحظة العلاقة السابقة (علاقة كوستياكوف) نجد أنها لا تحل مباشرة وإنما تحل باستخدام طريقة التقريب المتتالي.

وتجدر الإشارة إلى أن شبكة الصَّرْف المغطى تصير اقتصادية وأقل إكلافاً من الصَّرْف السطحي حين تكون التربة ذات قابلية نفوذ عالية تزيد على نحو متر أو مترين في

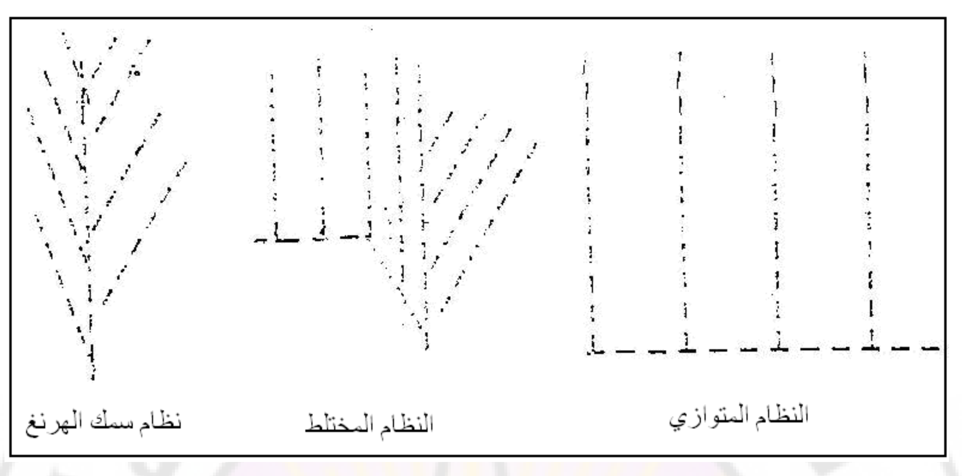
اليوم، إذ يصل التباعد بين المصارف الحقلية المغطاة إلى نحو $(150m)$، هذا بالإضافة إلى التوفير في الأراضي الزراعية الضائعة بالمصارف السطحية وقلة أكلاف الصيانة، وعدم وجود منشآت هندسية كثيرة على شبكة المصارف الجوفية المغطاة.

7-2-9. تخطيط شبكة المصارف:

إن تخطيط المصارف المغطاة يتبع بوجه عام تخطيط المصارف المكشوفة وتخطط هذه المصارف في الأراضي ذات قابلية النفوذ الكبيرة، وحيث تكون الأمطار غزيرة أو يكون الرشح من المياه الجوفية أو من الأنهار. وتتحكم طبوغرافية المنطقة في نظام التخطيط.

المصارف الثانوية: هناك ثلاثة أشكال بالنسبة إلى الصَّرْف الثانوي المغطى تستعمل بشكل شائع شكل (7-7): 1- نظام متوازٍ. 2- نظام مختلط. 3- نظام سمك الهرنغ.

يُعدّ النظام المتوازي هو أكثر اقتصادية ؛ وذلك لأنه يجمع بين خواص الصَّرْف الرئيسي والثانوي والترتيب المفضل هو أن تكون الرئيسية قصير والجانبية طويلة أو بالعكس. المسافة بين المصارف الثانوية تعتمد على الخواص الفيزيائية للتربة. يجب أن نتذكر بأن التربة تفقد من خواصها النفوذية مع مرور السنين ؛ لذا فالميل الأصغري يجب أن يكون (0.001) .



شكل (7–7)

وهناك حالات مختلفة لتخطيط المصارف المغطاة حسب طبوغرافية المنطقة:

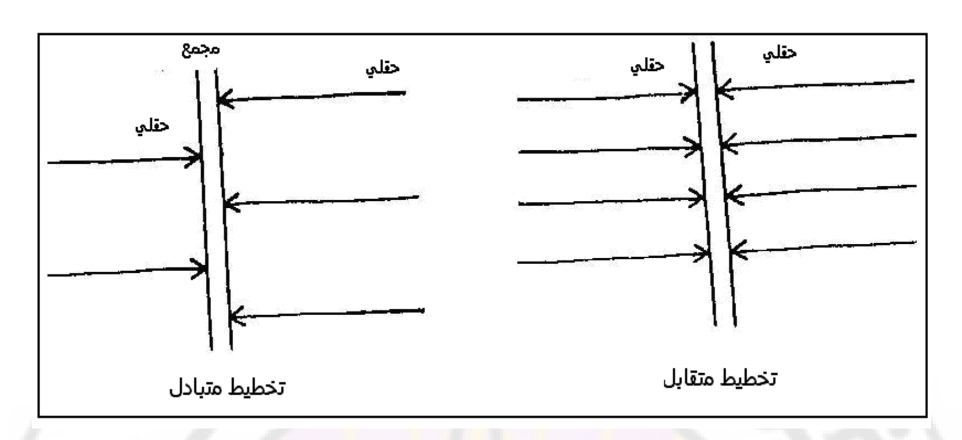
1– حالة الأراضي المستوية أو قليلة الانحدار وعمق مستوي المياه الجوفي متماثل:

يكون التخطيط في هذه الحالة عل ى هيئة خطوط متوازية مستقيمة تصب في مصارف المجمعات، وهذه تصب في مصْرَف رئيسي مكشوف ومنها إلى المصارف العامة:

آ – تخطيط متقابل: حيث يتقابل كل خطين عند مصبهما بالمجمع وتكون المصارف الحقلية على هيئة خطوط مستقيمة كما هو واضح بالشكل (7-8).

ب – تخطيط متبادل: وفيه لا تتقابل المصارف الحقلية عند المجمع ، بل ينصب كل منها في المجمع بعيداً عن المصْرَف الحقلي الذي يواجهه كما في الشكل (7-8).

ويمتاز هذا التخطيط بعدم ا لتقاء المياه في قطاع واحد من المجمع ومن ثَمَّ حسن توزيع ودخول المياه وفي هذا النوع يمكن الاستغناء عن غرف التفتيش في كثير من الأحيان.

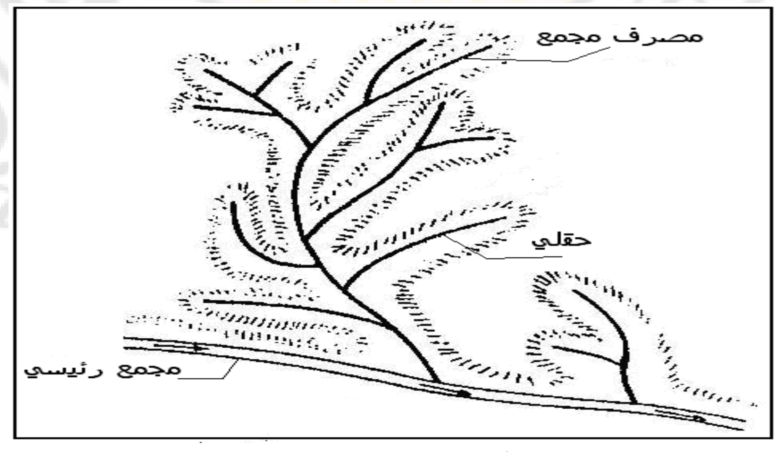


شكل (7–8) التخطيط المتقابل والمتبادل

2– حالة كون الأراضي غير مستوية أو منسوب المياه الجوفية فيها غير منتظم:

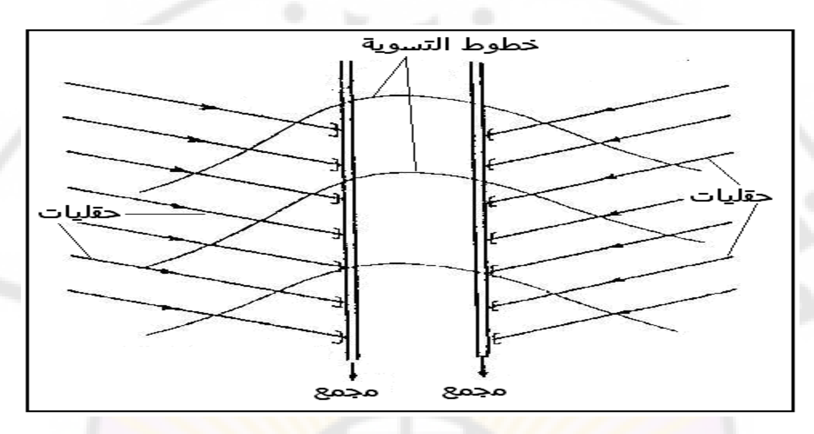
ويتبع مثل هذه الحالة إحدى الطرق:

1– الطريقة الطبيعية: تتبع هذه الطريقة في المساحات الصغيرة أو المساحات المنعزلة حيث توضع المصارف الحقلية في المنخفضات الفرعية، بينما يوضع المجمع في المنخفض الرئيسي بالمساحة ، ولا يمكن في مثل هذه الأحيان التقيد بمسافة معينة بين المصارف الحقلية كما في الشكل(7-9).



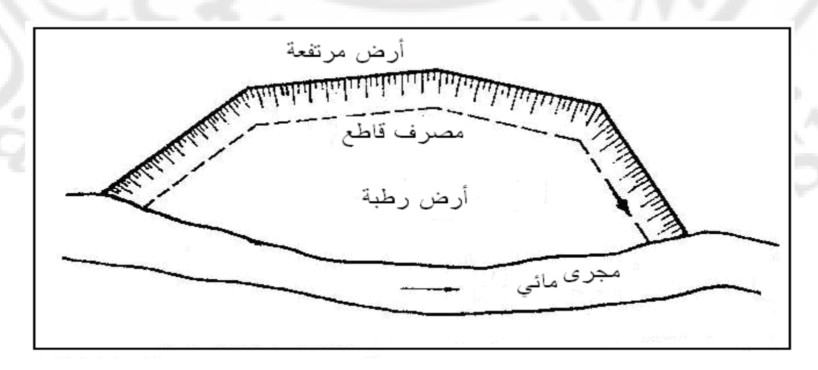
شكل (7–9) الطريقة الطبيعية

2- طريقة المجمعين: تتبع هذه الطريقة في حالة كون المنخفض الرئيسي وسط المنطقة عرضياً ومستوياً؛ مما يستدعي استعمال مجمعين بدلاً من مجمع واحد كما في الشكل (7-10).



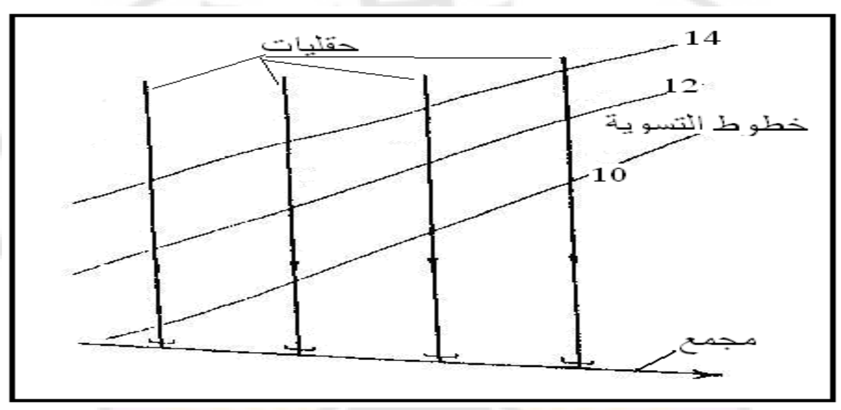
شكل (7-10) طريقة المجمعين

3- طريقة المصارف القاطعة: وتتبع هذه الطريقة حين تتحرك المياه السطحية والجوفية من أرض عالية أو منطقة منخفضة ذات مساحة واسعة قرب نهر أو مجرى مائي كبير ، وفي هذه الحالة يمدد المصْرَف على حافة المنطقة العالية فيلقط جميع المياه السطحية ومياه الرشح قبل وصولها إلى المنطقة الزراعية المنبسطة ، وبذلك يحميها من تجمع مياه المناطق العالية فيها، شكل (7-11).



شكل (7-11) طريقة المصارف القاطعة

4- طريقة الشبكة: وتستعمل هذه الطريقة في الأراضي ذات المنحدر المنتظم أو الأراضي المنبسطة حيث يوضع المجمع في حدود الأرض وتنفذ المصارف الحقلية متوازية تصب على زوايا حادة أو قائمة في المجمع الرئيسي كما في الشكل (7-12).



شكل (7-12) طريقة الشبكة

وعندما تكون الأرض مستوية و انحدار منتظم فيتبع التخطيط إحدى الطرق الآتية:

آ - الصَّرْف الطولي: إذا كان انحدار الأرض الزراعية أقل من (1/300) نتبع طريقة الصَّرْف الطولي إذْ توضع المصارف الحقلية متعامدة مع خطوط التسوية من أجل إعطائها أكبر ميل ممكن.

ب - الصَّرْف العرضي : إذا كان انحدار الأرض الزراعية أكبر من (1/300) نتبع معها طريقة الصَّرْف العرضي حيث توضع المصارف مائلة على خطوط التسوية من أجل إعطائها الميل المناسب.

7-2-10. بعض المبادئ الواجب توخيها عند تخطيط المصارف المغطاة:

1- يفضل أن تتوضع المصارف الحقلية على نحو يصنع زوايا ما بين (30 - 10) درجة مع خط الكونتور بما يسمح بانحدار أول بميل مناسب إلى المصارف أكثر فعالية لقطع سريان المياه التحت سطحية والسطحية.

2- يفضل ألاَّ تزيد أطوال المصارف الحقلية ع لى (100m) في الأراضي ذات الانحدار البسيط كما يجب ألا يتعدى طولها في الأحوال العادية (150m) حتى لا يضطر إلى تعميق المجمعات مما يكلف مبالغ باهظة ، وفي حالة الاضطرار إلى زيادة الطول على (150m) إلى (200m) يعمل ميلها (0.1%) في المتوسط كما تعمل المجمعات الثانوية لاستقبال مياهها.

3- يجب ألا يزيد طول أي مجمع رئيسي عن (1000m) كما يجب ألّا تزيد قطر مواسيره على (25cm) وذلك حتى لا يضطر إلى استعمال مواسير البيتون المسلح إذا زاد القطر على (30cm) ، مما يؤدي إلى زيادة تكاليف شبكة الصَّرْف ، ويفضل أن يُقصَّر طول المجمعات الرئيسية، وتُطوَّل الفرعيات ما أمكن.

4- يحدد معامل الصَّرْف بحيث يتم صرف المياه الزائدة بمعدل لا يضر بالنبات ، ويُؤخذ عادة ما بين ($0-12mm/day$) في اليوم تبعاً لنوع الزراعة وتبعاً للأحوال الجوية.

5- يجب أن يبعد المجمع الرئيسي عن المباني وخطوط الأشجار بمسافة ($10-20m$) .

6- تحسب التكاليف لأي مشروع مع عمل أكثر من تخطيط إن أمكن، وحساب التكاليف لكل تخطيط بحيث يشمل الأعمال الصناعية وجميع الاعتبارات ثم ينفذ ما هو أكثر اقتصادياً.

7- اتصال المصارف الحقلية بالمجمع ينبغي أن يعمل زوايا حادة نحو ($15-45$) درجة لتسهيل مسار خطوط المياه داخل المصْرَف الحقلي وإلى المجمع، ويراعى أن تدخل ماسورة المصْرَف ذي القطر الأصغر في وسط ماسورة المصْرَف ذي القطر الأكبر، أي ليس عند قمتها أو قاعدتها (ليس عند طرفيها).

8- يراعى أن يكون التخطيط مستقيماً والتغيرات تتم إما بغرف اتصال و إمَّا غرف تفتيش . أما إذا اضطر الأمر لعمل منحنيات فيجب ألاَّ يقل نصف قطر المنحني عن

خمسة أضعاف قطر مواسير الصَّرْف المستعملة في حال التنفيذ اليدوي، أو منحنٍ لا يقل قطره عن $(500m)$ في حال التنفيذ الآلي.

9- توضع مصبات المصارف بصفة عامة في أنسب المواقع وأكثرها انخفاضاً وبحيث يكون منسوب الراسم السفلي للمصْرَف الحقلي عند مصبه في المجمع أعلى بمقدار $(10cm)$ على الأقل عن محور المجمع كي يساعد ذلك على عدم ارتداد مياه المجمع. أما في حالة المصارف المكشوفة فيجب أن يعلو الراسم السفلي لماسورة أنبوب المصب $(25cm)$ على الأقل فوق منسوب الفيضان للمصْرَف المكشوف.

10- يراعى الاستفادة من منحدرات سطح الأرض الطبيعية.

11- يراعى أن تكون اتجاهات مياه الصَّرْف داخل المصارف في اتجاه مسار المياه في المجاري المائية المختلفة.

12- يراعى تفادي التقاطعات مع المجاري المائية والسواقي الحقلية التي يزيد عمقها على $(50cm)$ من الأرض، وفي حالة الضرورة يحسن أن تعمل التقاطعات زوايا (45) درجة أو أكثر.

13- يراعى تفادي وضع المصارف المغطاة حيث التربة تحتاج لكثير من تكاليف الإنشاء والصيانة.

14- يبدأ في إنشاء المصارف المغطاة وقت انخفاض منسوب المياه الجوفية ويتمم التخطيط دون أوتاد على طول المصْرَف.

15- توضع المصارف في طبقات التربة الأكثر نفاذية.

7-3. المصارف الرأسية Wells Drains:

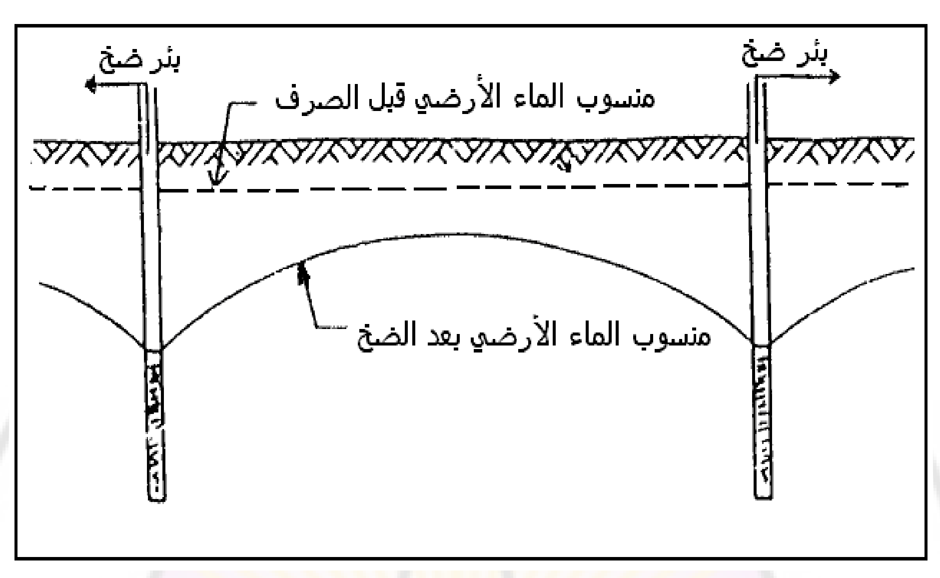
في هذا النوع من المصارف تدق أنابيب رأسية بالتربة ، ثم يركب عليها مضخات لضخ المياه الجوفية من باطن الأرض ومن أعماق مُحدثةً هبوطاً في منسوب الماء الأرضي العالي ، ثم تصرف هذه المياه إلى المصارف العمومية أو تستخدم في الري. واستخدام

الآبار الجوفية هو إحدى الطرق الفعالة للصَّرْف الرأسي ، وقد تكون في بعض الحالات الوسيلة الميسورة الوحيدة التي تحتم الالتجاء إليه في بعض الأحوال مثل:

1. انعزال الأراضي أو تعذر توصيلها إلى مصارف عمومية لبعدها.

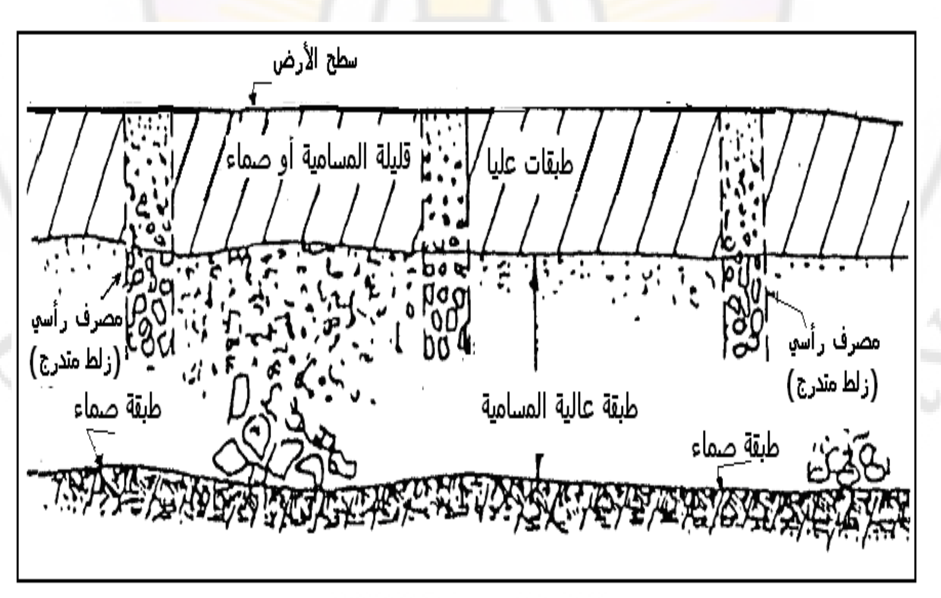
2. وجود طبقات صماء غير عميقة تمنع الصَّرْف السطحي وما تحت السطحي وتمنع تحريك المياه خلالها نحو المصارف ، وعندئذ نلجأ إلى اختراق تلك الطبقات العليا قليلة المسامية أو الصماء بآبار رأسية تصل إلى الطبقات المسامية أسفلها حيث تنصرف إليها مياه الصَّرْف السطحية من منطقة الجذور خلال مصارف رأسية مثقبة الجدار مملوءة بالبحص المتدحرج في كامل عمقها حتى الطبقات المسامية . ونتيجة لعملية تخفيض منسوب المياه الجوفية العميقة بسحبها بمضخات مركبة على آبار إما مفردة وإمّا في مجموعات ، ويتبع تخفيض المياه الجوفية الطبيعية العميقة حدوث انخفاض في منسوب المياه الأرضية السطحية، الأشكال (7- 13)، (7- 14).

3. الحالة التي تزيد فيها ملوحة التربة وحيث يكون ال نزح من الآبار واستمرار مرور المياه من التربة إلى البئر عاملاً يقلل عادةً نسبة تركيز الأملاح ، ويساعد على عملية غسيل التربة. ومن ناحية أخرى فـإنَّ ما يُنزح من مياه قد يستخدم في أغراض الري ، وبذلك نجني فائدة إضافية ؛ مما يُقلِّل كثيراً من نفقات الصَّرْف للعائد المتحصِّل من استعمال المياه على فرض صلاحيتها للري.



استخدام الآبار الرأسية في الصَّرْف بتخفيض منسوب المياه الجوفية

شكل (7–13)



الفتحات الرأسية لاتصال الطبقة قليلة المسامية بالطبقة عالية المسامية

شكل (7–14)

7-3-1. اشتراطات ومتطلبات تنفيذ الصَّرْف الرأسي :

1- يجب أن يكون عمق الطبقات الحاملة للمياه عميقة بدرجة كافية ومكونة من طبقات متجانسة بقدر الإمكان وألاَّ يقل هذا العمق عن $(10m)$.

2- يجب أن تكون المسامية خلال الطبقات المراد صرفها كبيرة بدرجة تسمح بسرعة سحب المياه بواسطة المضخات.

3- يفضل أن يكون منسوب المياه الأرضية في الطبقات العميقة حراً حتى لا يكون هناك أي حركة لأعلى قد تزيد من تكاليف الرفع ، ويجب أن تكون المياه متصلة بالمياه الأرضية في الطبقات القريبة من سطح الأرض.

4- يجب ألَّا تُسبب التربة أو المياه في تآكل المواد المصنوعة منها أجزاء البئر وملحقاته.

5- يجب دراسة مدى إمكانية استعمال المياه وللأغراض المدنية والصناعية الأخرى بجانب الصَّرْف، ويجب أيضاً دراسة مدى تداخل المياه المالحة وأثرها.

6- قدرة البئر على الاحتفاظ بعمق مناسب لمستوى الماء الأرضي ، وهذا يتوقف على العمق والقطر وطول المصافي ووضع الفلتر وتنظيم مجموعة الآبار.

7- كمية المياه المرفوعة بالمضخات ومدى تأثيرها في تسرب المياه من القنوات ومجاري المياه المجاورة وتكاليف الإنشاء والصيانة.

7-3-2. الاعتبارات الخاصة بتصميم آبار الصَّرْف :

هناك عوامل عديدة ينبغي النظر إليها بعين الاعتبار عند تصميم مجموعات الآبار وهذه العوامل أساسية بغض النظر عن طريقة التصميم المتبعة. فمن الضروري مثلاً في بادئ الأمر إجراء أبحاث أولية لتقدير عمق الطبقات الحاملة للمياه وخو اصها إذ إنَّ هذه الدراسات هي أساس اختيار أبعاد الآبار وعددها وتقدير كمية المياه التي يمكن الحصول عليها باستخدام الآبار. ثم إجراء بعض التجارب على آبار تجريبية داخل منطقة الدراسة.

وهي الاختبارات التي ينبغي القيام بها لتقدير درجة تأثير بئر واحد – بعيداً عن تأثير الآبار المجاورة على مناسيب المياه الجوفية والسطحية على أنه من الضروري استخدام المضخات.

7–3–3. العوامل التي تؤثر في اقتصاديات الصَّرْف الرأسي:

العوامل الفيزيائية: تُعدُّ العوامل الفيزيائية المؤثرة على الصَّرْف الشاقولي من أهم العوامل؛ إذْ إنَّ الاختيار بين استخدام طرق الصَّرْف الشاقولي أو الأفقي يعتمد بشكل أساسي على الشروط الفيزيائية للمنطقة المعتبرة، وعلى الرغم من ذلك فإن القرار النهائي يجب أن يكون مسؤولاً ومؤسَّسَاً أيضاً على الاعتبارات الاقتصادية. وبشكل عام فإن الشروط الملائمة للصَّرْف الشاقولي سوف تسمح غالباً أيضاً بالصَّرْف الأفقي، والاختلاف للطريقة عندئذ يعتمد على اعتبارات أخرى ، فيما إذا كان بالإمكان استخدام المياه من الآبار للري، وكم من الوقت سوف يستغرق لظهور خطورة الملوحة، ومن الحقائق المعروفة جيداً أن الاختلاف بين الصَّرْف الشاقولي والأفقي هو أن هـ حالة الصَّرْف الأفقي تُزال الأملاح من المنطقة مع مياه الصَّرْف، بينما في الصَّرْف الشاقولي ، فإن المياه عادةً تُستخدم لأغراض الري، وهكذا فإن الأملاح تبقى في دورة في التربة مع المياه الجوفية، ومن أجل التسهيل سنعتبر أن النفاذية تكون جيدة عندما تكون قيمتها أكبر من $(1m/day)$ والنفاذية ضعيفة جداً إذا كانت أقل من $(1cm/day)$.

أولاً. الشروط تحت السطحية والجيولوجية : سوف نميز بين منطقة الجذور ومنطقة الصَّرْف والتشكيل الصخري العميق. يمكن أن تُعرَّف منطقة الصَّرْف بأنها جزء من الطبقة التي توجد تحت منطقة الجذور التي تؤثر في المحاصيل ، والعمق الذي يكون ذو أهمية للصَّرْف، ومن ثَمَّ يمتد على الأقل إلى الهداب الشعري للمياه الجوفية، وعندما يُعرَّف عمق الصَّرْف بهذه الطريقة فمن الممكن أن يحتوي على عمق $(10-20m)$ وذلك للترب السيليتية–الغضارية. والشروط الأكثر مثالية للصَّرْف تحدث عند وجود مادة متجانسة

عميقة وذات نفاذية عالية، أما شرط الصَّرْف الأكثر صعوبة فهو عندما تكون مادة متجانسة عميقة مع نفاذية ضعيفة جداً.

بالإضافة إلى ذلك فإن الترب ذات النفاذية الجيدة والتي تتوضع فوق تشكيلات قليلة العمق وذات نفاذية ضعيفة، كما هو الحال في وادي الغاب في شمال سورية ؛ في هذه الحالة يجب أن لا يتم الصَّرْف بطرق الصَّرْف الشاقولي.

تتضمن الظروف المثالية للصَّرْف الشاقولي ما يلي :

1) عندما تكون مياه الصَّرْف المضخوخة ذات مواصفات جيدة ويمكن استثمارها لبعض الأهداف.

2) عندما تكون النفاذية الأفقية لطبقة الصَّرْف غير مرتفعة كثيراً بسب بعض طبقات الرمل أو البحص في حال وجودها.

3) عندما تكون طبقة الصَّرْف غير نافذة نسبياً ولكنها ليست غير نافذة كلياً بحيث تمنع الحركة الشاقولية.

4) عندما تكون لدينا طبقة صخرية مائية رملية أو رملية بحصية ذات نفاذية عالية تحت طبقة الصَّرْف.

وتحت مثل هذه الشروط فإن الصَّرْف الشاقولي يكون له فوائد فيزيائية واضحة أكثر من الصَّرْف الأفقي ، وأكثر من ذلك فإن صفات المياه الجوفية العميقة تكون عادة أفضل منها في طبقة الصَّرْف.

ثانياً . الشروط الهيدرولوجية : إن الشروط الهيدرولوجية لكل منطقة يجب أن تُؤخَذ بالاعتبار أيضاً عند الاختيار بين الصَّرْف الشاقولي والأفقي.

وفي حالة النفاذية العالية المعقولة إلى العمق المعتبر فإن هيدرولوجيا السطح سوف يكون لها تأثير قليل على اختيار الطريقة بسب سرعة الصَّرْف من الآبار ومن أنظمة الصَّرْف الأفقي التي سوف تكون تقريباً نفسها ، وعندما تكون المواد العميقة تحت طبقة

الصَّرْف كتيمة فإن هيدرولوجية السطح سوف تكون بشكل واضح إحدى العوامل التي تقرر الشكل والعمق و مسافات المصارف للصَّرْف الأفقي (كما في مشروع الغاب في سوريا).

وعندما يكون هناك اختيار حقيقي يجب إجراؤه بين الصَّرْف الشاقولي و الصَّرْف الأفقي؛ أي عندما يكون هناك طبقة عميقة ذات نفاذية عالية، وطبقة الصَّرْف أقل نفاذية، عندئذ فإن هيدرولوجية السطح تكون إحدى العوامل الرئيسية المؤثرة على اقتصاديات الطريقة المختارة.

وفي المناطق حيث معدلات الري المطبق وكثافة مياه المطر عالية، فإن النفاذية الضعيفة نسبياً للطبقات غير العميقة يمكن أن تمنع الصَّرْف الأفقي السريع، وهذا يمكن أن يؤثر سلبياً خلال فترة ارتفاع المياه الجوفية إلى داخل منطقة الجذور ، ويمكن أن يسبب تلف محرج للمحاصيل ، وفي مثل هذه الظروف فإن الصَّرْف الشاقولي سوف يسبب انخفاضاً سريعاً لسطح المياه غير العميق.

وفي بعض المناطق فإن مستويات عالية من الضغط في الطبقات الصخرية المائية العميقة تدفع المياه نحو الأعلى إلى داخل منطقة الجذور ، وهذا يتطلب مسافات أقرب للمصارف الأفقية أو درجة أعلى للاستخراج من أنظمة الصَّرْف الشاقولي، وهذه الإمكانية يجب أن تؤخذ بالاعتبار دائماً.

إضافةً إلى العوامل الفيزيائية السابقة نذكر عوامل أخرى تؤثر في اقتصاديات الصَّرْف الرأسي :

1) اختيار المضخات التي تفي باحتياجات خفض منسوب الماء الأرضي المطلوبة مع مراعاة العلاقة بين حجم وعدد المضخات.
2) تكاليف إنشاء الآبار والمضخات.
3) تحديد مدة إدارة المضخات وتكاليف الإدارة.

4) تكاليف التشغيل والصيانة.

5) احتمال استعمال المياه المرفوعة في الري مباشرة أو إضافتها إلى مياه الري السطحية أو مياه المصارف وحساب مقدار الفائدة التي تعود من استعمال هذه المياه.

7-3-4. الأغراض التي يحققها الصَّرْف الرأسي:

1) أغراض علاجية مؤداها خفض مستوى الماء الأرضي إذا كان مرتفعاً.

2) أغراض وقائية تنحصر في المحافظة على مستوى الماء الأرضي عند حد معين في الأراضي ذات مستوى الماء الأرضي المنخفض.

3) التخلص من مياه الري الزائدة في مدّة قصيرة يقل حدوث أي ضرر للنباتات.

7-3-5. المسافة بين الآبار (المصارف):

تتوقف المسافة بين المصارف الرأسية على :

1) عمق البئر كلما زاد عمق البئر داخل خزان المياه الأرضية زاد قطر دائرة التأثير وزادت المسافة بين الآبار (المصارف).

2) قطر البئر كلما زاد قطر البئر زادت دائرة التأثير وزادت المسافة بين الآبار (المصارف).

3) مسامية التربة كلما زادت مسامية ونفاذية التربة زادت المسافة بين الآبار (المصارف) وكبرت دائرة التأثير.

وبشكل عام فإن الصَّرْف الشاقولي عبارة عن شبكة من الآبار بقطر $(30-70cm)$ ، وعمق $(20-150m)$ مكسية بأنابيب مثقبة بحيث تدخل المياه من الفتحات الجانبية عن طريق فلتر ونتيجة لضخ المياه ينخفض منسوب المياه حول البئر،

وكما ذكر سابقاً يستعمل الصَّرْف الشاقولي عندما توجد طبقات رملية ذات نفاذية عالية، وعندما تكون المياه الجوفية مضغوطة. ويجري استعمال المياه العذبة المضخوخة للسقاية أمّا المياه المنخفضة الملوحة فيجري استعمالها للري بعد مزجها بمياه النهر، أما المياه المالحة فيجري صرفها.

إذا أريد خفض منسوب المياه الجوفية في كامل المساحة المروية يجري حفر آبار في كامل المساحة، وتبعد عن بعضها $(1.5-3km)$ باتجاه الميل و $(0.7-1.5km)$ باتجاه خطوط التسوية، وهكذا فإن البئر الواحد يخدم مساحة $(100-400hec.)$، وإذا أريد قطع الطريق على المياه الداخلة إلى الأرض المروية فيجري توضع الآبار بصورة خطية.

7-4. استصلاح الأراضي وطرق غسيل التربة المتملحة:

عملية غسيل التربة الزراعية هي عملية إذابة للأملاح المترسبة على سطح التربة نتيجة القيام بعملية الري بواسطة الرش أو التنقيط بمياه تحتوي على نسبة من الأملاح أو تكون التربة ذات محتوى عالٍ من الأملاح . وتتلخص هذه العملية بغمر التربة بالماء الصالح للغسيل لعدة أيام متتالية على نحوٍ تزال الأملاح المترسبة في التربة وعلى سطحها ، ويتم القيام بهذه العملية في حالة تحديد ذلك في المواصفات الخاصة للمشروع والماء المستعمل في عملية الغسيل لا تزيد نسبة الملوحة فيه على (1000) جزء في المليون. يجب القيام بهذه العملية في الحالات الآتية:

1- استعمال نظام الري بالتنقيط أو الرش.

2- ظهور آثار للأملاح فوق سطح التربة .

حسب عمق طبقات الملح يمكن أن نحدد الأشكال الآتية جدول (7-3):

جدول (7–3) نوع السبخات حسب عمق الطبقة

نوع السبخة حسب العمق	عمق الطبقة
سبخات سطحية	(0-30) cm
سبخات قريبة	(30-50) cm
سبخات متوسطة	(50-100) cm
سبخات عميقة	(100-150) cm
عميقة جداً	(150-200) cm

وتتبع طريقتان في الغسل:

1 . طريقة الغمر المستمر :

يضاف الماء على دفعات يومياً حيث يحفظ سطح التربة مغموراً بالماء بصورة دائمة وبحيث يعلو الماء ($5-10cm$) فوق سطح الأرض ، وتبقى الأرض بحالة صرف مستمر ، وذلك عن طريق تعويض الماء المفقود بالرشح أو التبخر ومنع تعرض الأرض للجفاف في أيّ مرحلة من مراحل الغسيل، وينصح باتباع هذه الطريقة في الظروف الآتية :

أ . إذا كانت نفاذية الأرض عالية.

ب . إذا كان مستوى الماء الأرضي مرتفعاً وخواصه مالحة.

ج . إذا كان معدل التبخر عالياً.

والهدف من الغسل المستمر هو منع التملح الثانوي من مستويات المياه الأرضية تحت المناخ الجاف .

2 . طريقة الغمر المتقطع :

تغمر الأرض بالماء من شبكة أقنية الري، وينصح بالبدء بغسل القطع الواقعة في المنطقة الوسطى بين المصارف أولاً لصعوبة غسل الأملاح منها أكثر من المناطق القريبة أو المجاورة إلى المصارف ، وتنتشر المياه المضافة في الدفعة الأولى وتذيب الأملاح القابلة

للذوبان ، ثم تضاف الدفعة الثانية من المياه بعد يومين أو ثلاثة لإزالة المحاليل الملحية من التربة ، وينصح بالانتظار وقتًكافياً حتى ترشح المياه من التربة، ثم تضاف دفعة جديدة من المياه وهكذا .

وتفضل طريقة الغسل المتقطع تحت الظروف الآتية:

أ . إذا كانت النفاذية بطيئة .

ب . إذا كان مستوى الماء الأرضي بعيداً عن الحد الحرج .

ج . إذا كان الماء الأرضي غير مالح أو ذا ملوحة خفيفة.

د . في الأوقات التي يقل فيها التبخر.

ومن مقارنة الطريقتين نجد:

أ . إن الغسيل المتقطع للأراضي الملحية يحتاج إلى نصف الكمية من المياه اللازمة لغسيل الأملاح بالمقارنة مع الغسيل المستمر .

ب . الغسيل المتقطع يخفض الملوحة في البداية بسرعة وتقل هذه السرعة تدريجياً مع الزمن.

ج . إن المدّة بين كل غسلتين في حالة الغسيل المتقطع يجب ألَّا تزيد على المدّة التي تسمح بإعادة التملح، وتختلف بين عشرة أيام في الصيف إلى خمسة عشرة يوماً في الشتاء ، وإذا كانت نفاذية الأرض كبيرة فإن تلك المدّة قد تصل إلى شهرين أو ثلاثة أشهر بينما تطول في الأرض ذات النفاذية القليلة حيث قد تصل هذه المدة إلى سنة أو أكثر .

وقد وجد أن الغسل المتقطع مصحوباً بحرث عميق $(40cm)$ واستخدام حراث تحت التربة بعمق $(60cm)$ وعلى مسافات $(2m)$ يُسرِّع كثيراً بغسل الأملاح من الأرض. ويعتبر الغمر المستمر للمياه أقل فعالية من الغمر المتقطع للأملاح بالانتشار خارج

الفراغات المسامية الدقيقة، كما يساعد على تكوين شقوق أو شبه أقنية تسمح للمياه بالعبور خلالها .

تعتبر أفضل مدّة لإجراء الغسيل هي المدّة التي تكون فيها رطوبة التربة منخفضة ومستوى المياه الجوفية عميقاً ، أي في أواخر الخريف وأوائل الشتاء ، ولو أن ذوبان الكبريتات يكون أقل في هذه المدّة. وتعتبر مدّة الصيف أقل مُدَد السنة فعالية بسبب فقد الماء بسرعة بالتبخر واحتمال عودة التملح ثانية .

هذا ويمكن إجراء الغسيل في الصيف في حال كون التربة طينية ، وتحتوي على كميات كبيرة من كربونات الصوديوم وسلفات الصوديوم، أو إذا رافق عملية الغسل زراعة الأرز . تقسم الأرض المراد غسلها بعد وضع خرائط ملحية وبعد إجراء عملية التسوية لها بدقة ($\pm 5cm$) وبحيث لا يزيد ارتفاع الردم في التسوية ع لى ($20cm$)، وبحيث يؤمن تزويد كل حوض بالمياه بصورة مستقلة، ويجري الغسيل بالتسلسل الآتي:

1. يجري غمر الأحواض ذات الطبقات الملحية (سبخات) في المرحلة الأولى.
2. يجري غمر السبخات السابقة والأحواض شديدة الملوحة.
3. يجري غمر الأحواض السابقة مع الأحواض عالية الملوحة.
4. يجري غمر الأحواض السابقة مع الأحواض ذات الملوحة المتوسطة.
5. يجري غمر كامل الأحواض بما في ذلك الأحواض المالحة.

ويتم الغسيل لكامل المنطقة ، ويمنع غسل حقول منفصلة (أحواض) في المناطق المالحة، وبعد انتهاء عملية الغسيل وجفاف التربة يتم حرث الحقول من أجل خفض التبخر ، ويتم إعادة تسوية الأكتاف وبعد الغسل وبعد انخفاض مستوى الماء الجوفي بمقدار ($1m$) يجري وضع خارطة ملحية للمساحة المغسولة بأخذ عينات من المياه الجوفية من الآبار في المنطقة، وذلك لتحديد درجة ملوحة المياه. ويجري وضع خارطة ملحية ثانية

في الخريف التالي ؛ إذ إنَّه يمكن مصادفة بقاء بعض البقع الملحية ذات إنتاج زراعي منخفض وتعالج بإضافة الجبس وبعض المواد الأخرى.

ويجب المحافظة على تركيب فتلتي للتربة في المناطق المغسولة، وذلك بزراعة الأعشاب الرعوية وإضافة الأسمدة العضوية والخضراء ، وتنتهي عملية الغسل باختيار الأملاح الموجودة في مياه الصَّرْف ومقارنة النتائج مع كميات الأملاح الموجودة في مياه الري، وكذلك بأخذ عينات ترابية لاختيار تركيز الأملاح في الآفاق الواقعة بين سطح التربة وأسفل منطقة الجذور النباتية.

آلية الغسل:

1. تذوب كل الأملاح القابلة للذوبان مادام الماء المضاف يكفي لإذابتها .
2. تصُرف الأملاح الذائبة بالجاذبية الأرضية إلى باطن الأرض ومنه إلى المصارف.
3. تتغير حالة الاتزان في الكاتيونات المذابة حسب التغير في التركيب الأيوني للمحلول الأرضي، كما قد تتغير تبعاً لذلك نسبة الكاتيونات المدمصة بعضها إلى بعض.
4. قد يحدث ترسيب لبعض الأملاح في الوقت الذي يحدث فيه إذابة بعض الأملاح مثل ترسيب كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ ويوجد زيادة في كبريتات الصوديوم وأيونات الكالسيوم.

إن الماء عند نفاذه خلال الأرض يحل محل المحلول الأرضي في طبقة سطحية وتحتفظ هذه الطبقة بقدر من الماء يعادل السعة الحقلية، ثم تتحرك الزيادة في الماء بعد ذلك لتحل محل المحلول الأرضي في الطبقة التي تليها ، ومقدار الماء الذي يزيد ع لى السعة الحقلية للكتلة الأرضية حتى العمق المطلوب غسيله أو حتى الصَّرْف يترك إلى طبقات الأرض الأعمق أو إلى المصْرَف. وعملية حلول الماء المضاف محل المحلول الأرضي هي أساس عملية إزالة الأملاح من الأراضي الملحية. وبما أن الماء في طريقه من السطح إلى الأسفل يحمل معه مقادير من الأملاح فالماء يصل إلى الطبقات السفلى ويحل محل المحلول

الأرضي في هذه الطبقات. وتكون شدة الغسيل مساوية إلى نسبة كمية الأملاح التي تزال من الأرض في عملية الغسيل إلى كمية الأملاح الأصلية. وتتوقف شدة الغسيل على الخواص الفيزيائية للأرض وتركيب الأملاح فيها.

معدل الغسيل: وهو الوقت اللازم لمقدار الماء الكافي لإزالة الأملاح حتى ينفذ خلال الكتلة الأرضية المراد إزالة الأملاح منها. ويعتمد هذا الوقت على العوامل التي تؤثر في فعالية الغسل. ففي مصر أظهرت التجارب بأن تربة ذات نفاذية جيدة بعمق $(40cm)$ يمكن أن تزال ملوحتها خلال سنة واحدة، وفي الشروط غير الملائمة كتربة ذات نفاذية ضعيفة والمياه قليلة يتطلب إزالة الملوحة وقتاً يعادل (10) سنوات في عمق $(60cm)$.

مقدار الماء اللازم لعملية غسل الأملاح من الأرض:

حاول الباحثون تقدير كمية المياه اللازمة لإزالة الملوحة من وحدة المساحة واختلفت هذه المحاولات بعضها عن بعض، إما بواسطة منحنيات الغسيل وإمّا بمعادلات تجريبية أو معادلات رياضية ووجد أن العوامل التي يعتمد عليها مقدار كمية الماء متعددة منها:

أ. كمية الأملاح الموجودة في التربة والمياه الجوفية فكلما زادت هذه الأملاح في وحدة المساحة زاد تركيزها، ومن ثَمَّ تزداد كمية المياه اللازمة .

ب . نوع الأملاح الموجودة.

ج . مواصفات مياه الغسيل.

د . نفاذية التربة.

هـ . العمق المراد غسله .

و . طريقة الغسيل.

ز . فعالية نظام الصَّرْف.

وكمقياس سريع لتحديد كمية المياه وجد أن وحدة المساحة من الماء تكفي لغسيل (80%) من أملاح وحدة العمق في الأرض ، أي إنَّ كل $(1cm)$ من الماء يغسل (80%)

من الأملاح من كل $(1cm)$ عمق في الأرض. والغسيل المتقطع أكثر فعالية بالنسبة إلى وحدة الماء من الغسيل المستمر وإضافة مياه الغسيل بمعدل أقل من سرعة ترشيح الماء في الأرض من فعالية الغسيل، وعلى هذا الأساس يمكن حساب المياه اللازمة لغسيل الأملاح من منطقة نمو الجذور.

وكلما كان عمق مستوى الماء الأرضي بعيدا كانت الأراضي جافة قبل الغسيل وزادت فعالية الغسيل .

يمكن حساب كمية مياه الغسيل من المعادلة الآتية :

معادلة مخبر الملوحة الأمريكي:

$$N = \frac{D_d}{D_i} = \frac{EC_i}{EC_d} \quad \mathrm{m^3/hec}$$

حيث :

N : كمية الماء اللازمة لعملية الغسيل.

D_d : عمق ماء الصَّرْف.

D_i : عمق ماء الري.

EC_i : الناقلية الكهربائية لمياه الري .

EC_d : الناقلية الكهربائية لمياه الصَّرْف .

أو يمكن حساب كمية مياه الغسيل من المعادلة الآتية :

$$y = n_1 * n_2 * n_3 * X\,400 + 100$$

y : عمق مياه الغسيل بـ(mm) .

n_1 : عامل التركيب أو القوام ويراوح بين $(5-2)$.

n_2 : عامل سطح المياه الجوفية ويراوح بين $(3-1)$.

n_3 : عامل ملوحة المياه الجوفية ويراوح بين $(3-1)$.

X : المستوى الوسطي للأملاح بالمئة في عمق $(2m)$.

ويمكن أن تعطى علاقة تركيز الأملاح في التربة حسب العلاقة :

$$Sd = 400 * n * X \mp 100$$

حيث:

Sd : مقدار الماء اللازم للغسيل معبراً عنه بعمق الماء بالمليمتر .

X : متوسط النسبة المئوية للأملاح في الأرض بعمق $(1-2m)$.

n : معامل يتوقف على درجة نفاذية الأرض وعمق الماء الأرضي وقوام الأرض ويبلغ في الأراضي الرملية (0.5) .

وتدل الخبرة في جمهورية مصر العربية على أنه يلزم نحو $(20000m^3/hec)$ متر مكعب من الماء للهكتار لإزالة الأملاح بنسبة (2.3%) .

يحسب مقنن الغسيل في أغلب الأحيان لاستصلاح التربة على عمق واحد متر ، ولكن التجربة أظهرت أن استصلاح التربة بشكل جذري يجب ألا يقتصر فقط على العمق الفعال وإنما يجب استصلاح عمق معين من الصخر الأم، وعلى المدى البعيد تحلية طبقة معينة من الماء الجوفي المالح . ويحسب مقنن الغسيل خلال مدّة الاستصلاح مضافاً إليها الاستثمار من $(3-5)$ سنوات ، على أن يضمن لنا استصلاح التربة على عمق $(3-4m)$ ومن أجل ضمان عدم التملح الثانوي أو انتكاس التملح.

5-7. استصلاح التربة الطبيعية البكر (التربة العذراء):

التربة الطبيعية البكر تتميز بقلة الخصوبة أو بعدم القدرة على الإنتاج الزراعي، وذلك لأنَّ طبقتها السطحية غير عميقة وقيمتها الغذائية متدنية، وتنتشر الصخور المختلفة والحجارة والحصى والرمال على سطح التربة. وقد تنمو عليها بعض الأعشاب البرية، ومثل هذه الترب تحوي على نسبة عالية من الأملاح الضارة للمزروعات. وحسب

أنواع الترب المعنية بالاستصلاح وحسب درجات عدم صلاحيتها للإنتاج الزراعي يمكن تصنيف طرق الاستصلاح كالآتي:

7-5-1. الطرق الخاصة في فلاحة التربة:

أ- نقب التربة: تتمثل عملية نقب التربة في حفر وخلخلة طبقات التربة التي تقع تحت الطبقة الزراعية، وخلال هذه العملية طبقات التربة السفلى التي جرى نقبها وحفرها تبقى في مكانها ولا تنتقل أبداً إلى الطبقة الأعلى أي إلى الطبقة الزراعية. وبشكل عام طبقة التربة السطحية غير العميقة تتوضع على الطبقة التي تحتها دون ارتباط عضوي متين، وذلك لأن الطبقة التي تقع تحت الطبقة السطحية هي طبقة قاسية متماسكة ، وهذه الطبقة تقاوم تسرب المياه خلالها، وتقاوم تغلغل جذور النباتات وتمنع من وصولها إلى الطبقات العميقة من التربة. لذلك فإنَّ المجموع الجذري يبقى ضعيفاً ومحدوداً؛ ومن ثَمَّ يحصل على الغذاء من الطبقة السطحية، وفي مدّة الجفاف تعاني النباتات العطش والجفاف، كما أنَّ الهطول المطري الغزير يؤدي إلى انجراف التربة والمزروعات، ونتائج ذلك يؤدي إلى تخرب التربة السطحية وتدني إنتاج الأراضي ذا ت التربة السطحية غير العميقة. إنَّ نقب التربة يحتاج إلى آلات نقب خاصة بإمكانها تحقيق حفر ونقب الطبقة القاعدية للتربة. بعد إجراء عملية النقب يجب أن تُزوَّد التربة بالسماد المناسب، ولاسيّما الأسمدة العضوية الحيوانيِة والنباتية. إنَّ عملية النقب بمفردها تعتبر إجراءاً مرحلياً ومؤقتاً، ولكنه بالطبع له تأثير كبير وفعّال على زيادة الإنتاج؛ حيث يؤدي إلى زيادة تصل إلى (15 – 25%) بالمقارنة مع الإنتاج في أراضٍ طبيعية لم يَجْرِ نقبها. إذا كنا نريد لتأثيرات عملية النقب أن تستمر فإنه يجب أن تستكمل بعمليات التعميق لطبقات التربة الزراعية.

ب– تعميق التربة: هذه الطريقة في الاستصلاح تتمثل في تعميق طبقتها الزراعية وذلك من خلال تعميق وحفر الطبقة التي تحت الطبقة الزراعية من التربة ؛ إذْ يتم تفتيت هذه الطبقة وبعثرتها وحملها إلى السطح وخلطها بالطبقة الزراعية السطحية . في هذه الطريقة لا نزيد فقط في سماكة الطبقة الزراعية ، بل نُحسِّن تهوية التربة وحالتها الحرارية واحتياطها من الرطوبة للطبقة الزراعية والطبقة القاعدية أيضاً ، وتتحسن أيضاً الشروط الخاصة بالنشاط البكتيري و باستقلاب العناصر الغذائية في طبقات التربة. كذلك سوف تنمو جذور النباتات بشكل أفضل وتنفذ إلى طبقات أعمق، وسيزداد محتوى التربة من المواد العضوية، وذلك نتيجة تحلل البقايا النباتية الناتجة عن النباتات المزروعة.

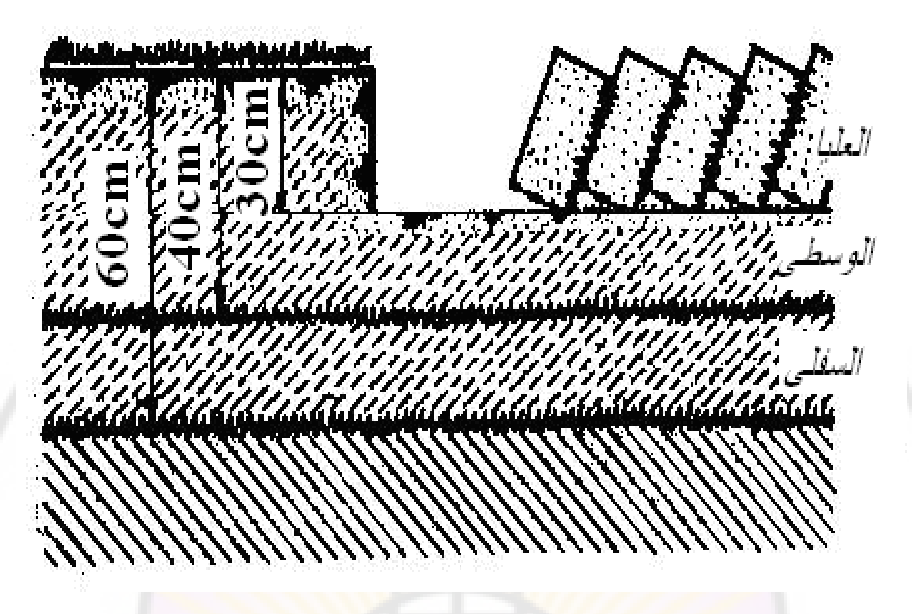
وفي كثير من الحالات تعطي طريقة تعميق التربة نتائج جيدة. وبشكل عام يجب دراسة الحالة الإجمالية للتربة وعمق الطبقة الزراعية السطحية ومواصفات الطبقة التي تحتها، ومن ثَمَّ يمكن خلال تعميق الطبقة الزراعية اللجوء إلى الطبقة القاعدية وخلطها بتربة الطبقة السطحية وزيادة خصوبتها . كما أنَّ تعميق الطبقة يجب ألَّا يكون عشوائياً وألَّا يترك للمصادفة، وذلك لأنه في كثير من الحالات تكون الطبقة القاعدية عديمة الفائدة وفقيرة؛ ومن ثَمَّ فإنَّ نقلها إلى الطبقة السطحية يسيء ويؤدي إلى قلة الخصوبة. لهذا فإنَّ تعميق التربة يتم وفق مراحل مدروسة وبعد إجراء العديد من الاختبارات.

نقوم بعملية تعميق التربة بوسائط الفلاحة العادية و بجرارات قوية ، ويتم عادةً في فصل الخريف، ويزرع بعدها محاصيل درنية أو محاصيل تحتاج إلى تربة عميقة، وتتوافق مع خلائط التربة. إنَّ الحقل الذي تم تعميقه يترك دون تسوية لكي تتم تهوية التربة بشكل جيد . أثناء الأعمال الربيعية الخاصة بالزراعة تتم فلاحة التربة وتخليطها بشكل جيد مع الطبقة لزراعية والأسمدة ؛ كما أنَّ التأثيرات الخاصة بخصوبة التربة تزداد فعاليتها من خلال إضافة المواد الكلسية، ولاسيّما إذا كانت قاعدة التربة فقيرة بالكالسيوم.

جـ- الفلاحة ثلاثية الطبقات: إنَّ هذه الطريقة في الاستصلاح تستند إلى خاصية اختلاف مواصفات طبقات التربة، ويمكن اعتماد هذه الطريقة عندما تكون الطبقة التي تحت الطبقة الزراعية عبارة عن طبقتين مختلفتين في مواصفاتهما وخصوبتهما. أحياناً يمكن أن تتوضع تحت الطبقة الزراعية طبقة كتيمة وفقيرة جداً بمحتوياتها الغذائية ومواصفاتها المختلفة وغير مناسبة لنمو المجموع الجذري للنباتات المختلفة، وتحت هذه الطبقة الكتيمة يتراكم أيضاً مقطعٌ قاسٍ يتكون من ترسبات وتراكمات مختلفة تكون عادةً غنية بمحتوياتها الغذائية، ولكن هذه المحتويات الغذائية تكون موجودة في الطبقة بصيغ ليس بإمكان النباتات امتصاصها. ومن أجل أكسدة هذه المواد وتحولها إلى صيغ مفيدة للنباتات يكون من الضروري تزويدها بما تحتاج إليه من أكسجين الهواء ومن الكائنات الدقيقة و الميكروبات اللازمة لتحللها وتبدلها، وذلك لأنّ هذه الطبقة التراكمية من التراب لا تحتوي عادةً أيّاً من الأكسجين أو أيّاً من الكائنات الدقيقة.

إنَّ جوهر الفلاحة ثلاثية الطبقات يكمن في تبديل الترتيب الأساسي لطبقات التربة التي تقع تحت الطبقة الزراعية السطحية . وبواسطة هذه الفلاحة يتم نقل طبقة التربة الكتيم ة ووضعها مكان الطبقة التراكمية ؛ حيث في هذا الموضع يمكن للهواء أن يتسرب ويتغلغل بيسر وسهولة، ومن ثَمَّ يمكن للعناصر الغذائية غير المتحللة والموجودة في الطبقة التراكمية أن تتأكسد وتتحول بواسطة الهواء إلى صيغ يمكن للنبات أن يمتصها ويستفيد منها.

في هذه العملية تبقى الطبقة الزراعية على وضعها وكأنها فُلحت فلاحة عادية، وتبقى في مكانها دون أي تعديل في وضعها، وإنَّ عملية التخصيب الآتية التي تتم بعد إجراء الفلاحة ثلاثية الطبقات هي عملية إجراء فلاحة عميقة، والتي تؤدي إلى خلط وبعثرة الطبقة التراكمية ومزجها مع تربة الطبقة الزراعية، ويتم ذلك عن طريق الفلاحة الخاصة بتعميق التربة شكل (7-15).



شكل (7-15)

يتم تنفيذ الفلاحة ثلاثية الطبقات التي تُغيِّر الترتيب والتكوين الأساسي للتربة مرة واحدة لا تتكرر. وتنفذ هذه العملية بواسطة محراث خاص بالفلاحة ثلاثية الطبقات ، حيث يتم استبعاد الطبقة السطحية جانباً، ومن ثم يستمر العمل على الطبقتين حتى يتم حرث الطبقة التراكمية ورفعها وجعل الطبقة الكتيمة هي في الأسفل، بعدها يتم إعادة الطبقة الزراعية السطحية الأولى ونثرها فوق الطبقتين اللتين تم التبادل بينهما في المواقع. في هذه العملية من الاستصلاح يتطلب جرارات ذات قوة كبيرة، إذ أنَّ الفلاحة قد تنفذ على عمق كبير يصل إلى عمق $(50-60cm)$ ؛ لهذا فإنَّ هذه العملية تتطلب استخدام جرارات جنزير ذات قوة جر كبيرة.

تبين نتائج الاختبارات والتجارب الخاصة بالفلاحة ثلاثية الطبقات تؤكد إمكانية تحقيق تحسن كبير في الصفات الفيزيائية المختلفة للتربة المستصلحة. إذ إنّ تهوية التربة بشكل جيد تزيد من النشاط البكتيري والبيولوجي في التربة، كذلك تزيد من كمية

الآزوت ونسبة حمض الفوسفور الممكن امتصاصه من قبل النبات كما تتحسن السعة المائية للتربة .

2-5-7. نثر الأسمدة العضوية والحيوانية:

تطبق هذه الطريقة في الاستصلاح في عمليات تخصيب التربة الرملية، وتتمثل هذه الطريقة في نثر الأسمدة العضوية الحيوانية على شكل طبقات ضمن مقطع التربة، وبهذه الطريقة يتم استمرار تخصيب التربة الرملية وزيادة هذه الخصوبة. وبعد هذا الاستصلاح يمكن زراعة هذه التربة بالمحاصيل مثل الشوندر السكري والقمح والذرة الصفراء؛ إذ إنَّ هذه المحاصيل لم يكن من الممكن زراعتها قبل الاستصلاح لفقرها بالمواد العضوية.
ويمكن القول إنَّه بهذه العملية من الاستصلاح تزداد الإنتاجية بنسبة (100%) وأكثر. من أجل تنفيذ هذه الطريقة في الاستصلاح تستخدم عادةً محاريث خاصة ومصممة لهذه الغاية، إذْ يتم في فصل الخريف فلاحة التربة فلاحة عميقة يصل عمقها حتى ($60cm$)، وعلى طول قاع خطوط الفلاحة الناتجة تنثر الأسمدة العضوية الحيوانية المجهزة مسبقاً على شكل أكوام أو تنثر من ناثرات السماد؛ إذْ تنثر ضمن أثلام الفلاحة على نحوٍ تشكل طبقة من السماد سماكتها نحو ($1cm$)، ويتم تغطيتها بالتربة بواسطة الفلاحات الآتية. وكمية الأسمدة العضوية اللازمة لهذه العملية تقدر بنحو (50 – 35) طن للهكتار الواحد. وإذا كان سطح التربة المفلوحة ذات نشاط بيولوجي محدود ينصح بتسميد هذه التربة بكمية إضافية من السماد العضوي الحيواني تقدر بنحو (10 – 5) طن للهكتار. ويجب أن تكون هذه الأسمدة ناضجة ومتخمرة بشكل جيد. إنَّ نتائج هذه العملية تظهر منذ السنة الأولى. وبعد سنتين نعيد هذه العملية ولكن على عمق ($45cm$) فقط، وبعد سنتين لاحقتين أيضاً يتم التسميد على عمق ($30cm$). وبهذا الشكل سينتج لدينا مقطع من التربة تم تخصيبه ثلاث مرات بالأسمدة العضوية الحيوانية. ولما كانَ هدف عملية الاستصلاح هو تشكيل مقطع من التربة بطبقات من الأسمدة العضوية الدائمة، وجب

الحفاظ عليها من التخريب من خلال استخدام الآلات في العمليات الزراعية وعدم إجراء فلاحات عميقة لاحقة يمكن أن تسبب أضراراً لطبقات السماد العميقة .

إنَّ تأثيرات تخصيب التربة الرملية بواسطة التسميد العميق بالأسمد ة العضوية الحيوانية يظهر بشكل جلي بالدرجة الأولى في تحسين مواصفات التربة وفي إغناء طبقاتها العميقة بالعناصر الغذائية وفي زيادة محتوياتها من المواد العضوية ومن جهة أخرى يظهر هذا التأثير في تحسن النظام المائي للتربة، وذلك لأنَّ طبقات السماد الموضوعة في مقطع التربة يمكنها امتصاص المياه المتسربة من التربة والاحتفاظ بهذه المياه، ومن ثَمَّ تزيد الاحتياطات المائية في التربة والضرورية للمحاصيل، وهذا التأثير المائي يمكن زيادته إذا أضفنا إلى الأسمدة العضوية القليل من الأتربة الغضارية الجيدة.

وتساعد الطبقات من الأسمدة المخلوطة بالغضار في منع تسرب العناصر الغذائية إلى الطبقة القاعدية العميقة للتربة. كما أنَّ الجذور المتغلغلة في التربة تصل إلى طبقات السماد العضوي وتجد ما تحتاج إليه من المواد الغذائية فتكوِّن شبكة كثيفة من الجذور، وهذه الجذور تبقى في التربة بعد الحصاد مما يسهم في تحسين التربة وزيادة الخصوبة.

إنَّ نتائج هذه العملية تستمر حتى مدّة خمس سنوات على الأقل. وبعد هذه المدّة يمكن تجديد هذه العملية ولا تكون عملية التجديد هذه مكلفة.

3-5-7. تعديل قوام التربة:

إنَّ التربة الزراعية ذات المواصفات المتدنية يمكننا استصلاحها بتحسين طبقتها الزراعية من خلال تخصيبها ويتم ذلك بإضافة مواد مختلفة تزيد نسبة جزيئات وحبيبات التربة الخصبة في الأراضي التي لا تحتويها أو أنَّ نسبتها قليلة. فحسب طريقة الاستصلاح يمكننا الاستصلاح إما بتكثيفها وإمّا تخفيفها:

1- تكثيف الطبقة الزراعية:

يتم الاستصلاح بطريقة تكثيف قوام الطبقة الزراعية في التربة الرملية؛ إذ إنَّ مثل هذه الترب تتمتع بصفات سيئة، كاحتوائها على نسبة كبيرة من الهواء ونفوذيتها العالية. مثل هذه الترب واسعة الانتشار في الكثير من البلدان تتميز بقلة خصوبتها لاحتوائها على نسبة عالية من الهواء الذي يؤدي إلى جفافها، ومن ثَمَّ إلى بطء أو تدني تحويل أو تحليل العناصر الغذائية؛ فسرعان ما تنتقل هذه العناصر إلى الطبقات السفلى العميقة في التربة، لهذا ستكون زراعة هذه الترب غير اقتصادية على الأغلب لفقرها بالمواد الغذائية.

فالمواصفات السيئة للتربة الرملية يمكن تحسينها بأن نضيف بعض المواد والأتربة الغضارية والأتربة العضوية والأسمدة الحيوانية وطمي الأنهار وبعض مخلفات محطات تنقية المخلفات المائية كذلك تزويدها بما يكفي من التربة الكلسية.

تتحدد الكمية المناسبة من مواد التخصيب حسب البنية الحبيبية الأساسية للتربة وحسب مواصفاتها الفيزيائية لطبقة التربة الزراعية؛ إذْ تؤدي إلى رفع و زيادة نسبة حبيبات التربة الدقيقة إلى النسبة الكافية $(20-30\%)$ من الجزيئات الطينية . إنَّ طريقة الاستصلاح الفعَّالة هي التي تتم بإضافة المادة السجيلية، وهي عبارة عن خليط من المواد (كربونات الكالسيوم والغضار والرمل)، وتنفذ هذه الطريقة بتجميع هذه المادة على شكل أكوام منخفضة على مدار السنة ويسمح للهواء بالنفوذ إليها بالإضافة إلى تأثيرات الحرارة والرطوبة. وعند حلول الخريف تنثر هذه المواد في شكلها الجاف بشكل منتظم على كامل سطح التربة وبسماكة نحو $(5-5cm)$ ، ويتم خلطها مع الطبقة الزراعية بواسطة الفلاحة الشتوية. وتتم عملية الاستصلاح بواسطة إضافة هذه المواد إلى تلك الحقول التي سيتم زراعتها في الربيع والتي ستزرع بمحاصيل تحتاج إلى فلاحات شتوية عميقة. فالخدمة الربيعية تتمثل في إجراء فلاحات عميقة بواسطة آلات خاصة ومن الأفضل أن تكرر عمليات الفلاحة و العزق عدة مرات، مِمّا يؤدي إلى بعثرة وتخليط المواد

المضافة مع الطبقة الزراعية. وتبلغ كمية المواد المضاف   ة السابقة نحو ($300 - 500m^3$) للهكتار الواحد.

ولكي تكون العملية السابقة ذات فاعلية أكثر ينصح بإضافة الأسمدة العضوية والنباتية. إنَّ التربة التي تم استصلاحها يمكن أن يطبق عليها دورات زراعية واسعة ، وعمليات الاستصلاح هذه يمكن أن تعاد وتكرر كل (15– 10) سنة.

2– تخفيف وتليين قوام التربة:

يتم تنفيذ هذا الاستصلاح في تلك الأراضي ذات التربة الثقيلة كالتربة الطينية، إذْ تتميز هذه التربة بثقلها وقساوتها وبتماسكها ولزوجتها وقلة احتوائه   ا للهواء وقوة احتفاظها للماء. تكون مثل هذه الأتربة معرضة للغرق في مدّة توفر المياه وقاسية وصلبة في مدّة الجفاف، مما يصعب حرثها، وتكون العمليات الزراعية لهذه الترب صعبة. ففي مُدَد الجفاف تتشقق التربة، وتشكل تشققات عميقة، وذلك نتيجة التقلصات الكبيرة التي تصيب بنيتها نتيجة الجفاف، وبما أن هذه الأنواع من التربة تعاني نقص التهوية، لهذا فإنَّ نشاطها البكتيري يكون محدوداً جداً، ومن ثَمَّ استقلاب وتحول الأسمدة المضافة إليها يكون غير فعالاً ومحدوداً. لجملة هذه الأسباب يكون استصلاح هذه الأنواع من الترب في منتهى الضرورة؛ وذلك لأنها في الكثير من البلدان تشغل مساحات كبيرة من الأراضي الزراعية.

من أجل تحسين مواصفات التربة الثقيلة نستخدم وسائط وإجراءات مختلفة .. إن الأساس في هذه الإجراءات هو تخفيف قوام هذه التربة وذلك بأن نضيف إليها بعض أنواع الأتربة الخفيفة مثل الرمل الخالص ومثل التربة الرملية أو بإضافة بقايا الرماد والمخلوط بالرمل أو بإضافة بعض الأتربة ذات الذرات الدقيقة .. إلخ.

إنَّ أفضل مادة تستخدم في تخفيف قوام التربة الثقيلة هو الرمل المستخرج من مقالع الرمل أو من الأنهار بعد فيضانها. وإنَّ الرمل المستخدم هو مشابهه للرمل المستخدم في أغراض البناء إذا كانت عملية تخفيف القوام تتعلق بتربة حامضية ومحتويتها الكلسية قليلة يكون من الأفضل هنا استخدام السجيل الرملي (تربة مؤلفة من كربونات الكلس والغضار و الرمل). إنَّ استخدام مواد أخرى يتحدد من خلال التركيب الأساسي للطبقة الزراعية المعنية بتخفيف القوام. إنَّ نسب الكميات الواجب إضافتها من هذه المواد من الأفضل أن يتم تحديدها من خلال التجارب والاختبارات.

إنَّ تنفيذ عملية إضافة المواد المخففة لقوام التربة الثقيلة يجب أن يراعي توزيع المواد المضافة هذه بشكل منتظم ومتجانس على كامل سطح التربة، ثم يتم خلطها بشكل متجانس في الطبقة الزراعية من التربة. تتم إضافة الدفعة الأولى من المواد المخففة إلى التربة (بعد حصاد الحبوب أو المحاصيل الدرنية) بحيث تشكل على كامل المساحة طبقة سماكتها نحو $(3cm)$. وإذا كانت التربة الثقلية أيضا حمضية ومجهزة بوسائط صرف المياه... فإننا في هذه الحالة نجمع عملية تخفيف قوام هذه التربة مع عملية إضافة الكلس إليها بقصد تعديل حموضتها.

إن عملية تحسين قوام التربة الثقيلة جداً يتطلب زمناً طويلاً، ويتطلب كميات كبيرة من التربة الرملية، وأيضا يجب التذكر أنَّ هذه العملية مكلفة جداً. ولكي يكون تأثير عملية الاستصلاح هذه طويلا ومستمرا يجب أن نستكمل عملية الاستصلاح مباشرة بإجراء الإجراءات الزراعية المكملة والضرورية ... ولاسيَّما ما يتعلق منها بالعمليات الزراعية المناسبة .عند إجراء عمليات خدمة التربة تنفذ عمليات العزق والحرث العميقة وحسب الحاجة تنفذ عمليات نقب التربة، وفي وقت متأخر تنفذ العمليات الخاصة بتعميق التربة التي تم تخفيف قوامها. إنَّ محتويات التربة من المادة العضوية والحيوانية والنشاط البيولوجي في التربة يزداد بواسطة التسميد بالأسمدة الخضراء، ويمكن بواسطة

زراعة خلائط النباتات العلفية تحسين مختلف مواصفات هذه التربة. بعد ذلك يمكننا في هذه التربة تطبيق الدورات الزراعية المختلفة، ولاسيّما تلك التي لم يكن بالإمكان تطبيقها قبل استصلاح هذه التربة.

3- الاستصلاح بطريقة التطويف:

إنَّ الاستصلاح بطريقة التطويف يعني أنَّ تُطوَّف التربة بمياه تحتوي على كمية كبيرة من المعلقات الترابية. تترسب هذه الأتربة شيئاً فشيئاً فوق التربة المعنية. ومن ثَمَّ تساعد هذه الأتربة على تحسين مواصفات هذه التربة في الوقت نفسه يكون الهدف إما زيادة نسبة ارتفاع تربة الأراضي التي تعاني خطر ارتفاع مستوى الماء الجوفي، أو تشكل هذه الترسبات طبقة جديدة من التربة الزراعية الجيدة تتوضع فوق الطبقة القديمة غير المنتجة التي تتكون من الرمل أو الحصى، وعادةً في أغلب الأحيان تُنَفَّذُ طريقتا الاستصلاح هاتان بشكل مرتبط ومتكامل.

يُنفذ التطويف بالمياه المحملة بالمعلقات في تلك الأراضي القريبة من الأنهار والمجاري المائية. ويتم هذا في زمن الجريان الأعظمي للمياه، وذلك عندما تكون مياه هذه الأنهار عكرة جداً وحاملة لأكبر كمية من الأتربة. كما يمكن إعادة المياه المستخدمة في التطويف إلى المجاري المائية التي أُخذت منها، وذلك بعد أن ترسب ما تحمله من أتربة في الأراضي المستصلحة. إنَّ تعكير المياه وتحميلها بالأتربة يمكن أن يُنفَّذ أيضاً صناعياً وذلك بواسطة استخدام مضخات ومرشات تقوم بتعكير وحفز مياه الأنهار على حمل الأتربة المتوضعة في هذه الأنهار أو يتم من خلال إضافة الأتربة إلى هذه المياه وبعد ذلك تجر هذه المياه الموحلة العكرة بتأثير الانحدار أو بواسطة الضخ إلى الأراضي المستصلحة والمراد تطويفها. وبالطبع هذه الطريقة تكون ذات كلفة أكبر من التطويف الطبيعي، لذا فهي تنفذ في الحالات الخاصة وعند الضرورة القصوى. كما أنَّ التطويف يستغرق وقتاً طويلاً، ولاسيّما إذا كان الأمر يتعلق باستصلاح مساحات واسعة. يمكن من خلال عملية

التطويف ترسيب طبقة من الترسبات $(0.5cm)$ فقط، وهذه السماكة تتعلق بنوع وكمية المعلقات، وأكبر سماكة يمكن ترسيبها تصل $(10cm)$ خلال العام الواحد.

إنَّ كمية الأوحال تختلف من نهرٍ لآخر (مثلاً قد تصل إلى $(2.9kg)$ لنهر الغانج، ونحو $(0.4kg)$ لنهر الفولغا)، و كما أنَّ تركيب العوالق النهرية مختلف ومن أجل كل حالة يكون من الضروري تحديد كمية ما تحمله المياه من عوالق وتحديد تركيب ونوعية هذه العوالق ويتم ذلك من خلال الاختبار والتحليل المباشر، كما يتم تحديد زمن الجريان الأعظمي للأنهار وزمن استغراق هذا الجريان.

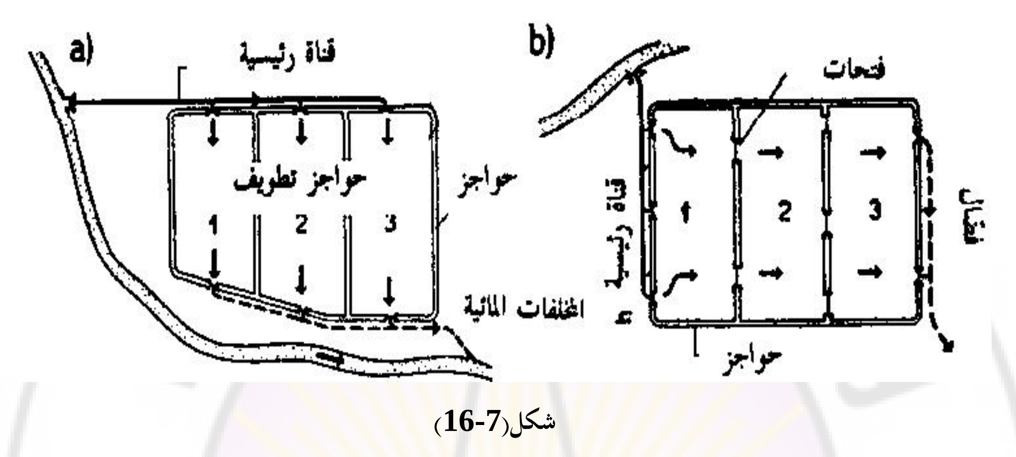
تتم عملية التطويف على الشكل الآتي :

- نقوم بتقسيم الأرض المراد تطويفها إلى أقسام.
- يحاط كل قسم وعلى كامل محيطه بحواجز على نحوٍ يصير كل قسم على شكل حوض.
- يتم جر المياه إلى الأقسام من قناة رئيسية.

يتم تطويف هذه الأقسام حتى يصل ارتفاع المياه فيها $(0.5-1m)$ وفي حالات خاصة إلى $(2m)$، ويزيد ارتفاع الحواجز على مستوى سطح المياه نحو $(0.4m)$ ولا يقل عن $(025m)$.

يتم صرف المياه بعد عملية الترسيب عن طريق مآخذ عليا مرتفعة ، ولا يجوز صرف المياه من القاع حتى لا يتم جرف العوالق المترسبة بتأثير حركة المياه، ويتم جر هذه المياه وإعادتها إلى النهر. وتتم طريقة التطويف بالمياه إما بشكل متقطع وإمّا بشكل مستمر، ففي الحالة الأولى تترك المياه راكدة في حوض التطويف زمناً محدداً وهذا الزمن في حالة المعلقات ذات الذرات الناعمة يستغرق $(2-1)$ يوم، وفي حال الذرات الكبيرة قد يستغرق $(12-6)$ ساعة. الحالة الأولى تتم في حال كانت الأحواض تأخذ مياهها بشكل

مستقل، والحالة الثانية في تلك الأحواض المتتالية، حيث كل حوض يأخذ المياه من الذي قبله شكل(7-16).



شكل(7-16)

نقوم بعمليات التطويف عادة في فصل الربيع، أي زمن الجريان الأعظمي. ويمكن إجراء عمليات التطويف في الأراضي التي يرتفع مستواها عن سطح مياه النهر بمقدار $(1-1.5m)$. ويمكن البدء بزراعة الأراضي التي تمَّ تطويفها بعد تشكل الطبقة الزراعية المناسبة والكافية.

4- تنظيف التربة:

هذه الطريقة تعني تلك الإجراءات التي تُحسّن مواصفات سطح التربة، وإنَّ استصلاح التربة عن طريق تنظيف سطحها هو عملية ضرورية في تلك الأراضي التي يتميز سطحها بوجود الصخور والكتل الكبيرة والصغيرة، وعملية الاستصلاح هذه ضرورية في أراضي المروج التي يغطي سطحها بعض النباتات البرية و بقايا جذور الأشجار والنباتات.

كذلك فهي ضرورية عند وجود المجاري والأودية ذات الضفاف الواسعة والمرتفعة؛ حيث تكون هذه المواقع غير صالحة للزراعة. لهذا يجب العمل على استصلاحها ليس فقط من أجل استصلاحها، ولكن لكي لا يصل التخريب إلى الأراضي الصالحة والجيدة.

وفي المواقع الجبلية نحتاج إلى تنظيفها من الحجارة والصخور المبعثرة، والتي قد تظهر بفعل عوامل التعرية، فنحاول استئصال الكتل الكبيرة أو تحطيمها والكتل الصغيرة نستبعدها، أو تُغطَّس إلى أعماق أكبر من (60*cm*)، وذلك حتى لا تعيق الأعمال الزراعية، والحجارة الصغيرة يتم جمعها وترحيلها بعيداً.

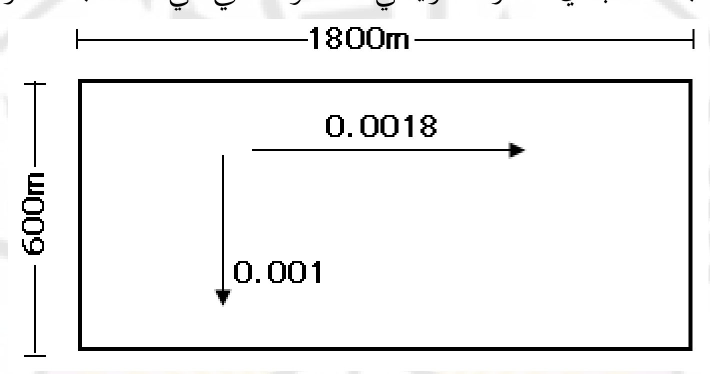
يتم قلع واستئصال بقايا جذور الشجيرات والدغلات بشكل منفرد، أو في مجموعات يدوياً أو بواسطة الجرارات المخصصة، لذلك أو البلدوزرات أحياناً؛ والحفر الناتجة عن القلع يتم ملؤها بالتربة الزراعية. وهنا يجب الانتباه إلى عدم قلع واستئصال النباتات النادرة وحمايتها من الطيور والحيوانات.

كذلك في أراضي المراعي يجب حماية الأشجار المنفردة وبعض المجموعات الشجرية لكي تظلل الحيوانات التي ترعى في هذه المراعي وذلك في أوقات الظهيرة. إنَّ مختلف عمليات التسوية والتنظيف في كثير من الأحيان تحتاج إلى استخدام بعض المواد الخاصة بتخصيب التربة. وأكثر الأعمال يتم تنفيذها بمساعدة بعض الآلات الخاصة مثل البلدوزرات والكريدرات والسكريبرات والسيارات الشاحنة.

وبواسطة تنظيف وتخصيب الأراضي والمواقع غير المنتجة يمكننا أن نحصل على أراضٍ زراعية جيدة. وبهذه الطريقة في الاستصلاح يمكننا دائماً في التوسع في زيادة المساحات القابلة للإنتاج الزراعي.

أمثلة محلولة:

المثال الأول: يطلب تصميم شبكة صرف مغطى تتألف من ← مصارف حقلية أنبوبية (من الأنابيب البلاستيكية المثقبة المموجة) تصب في مصارف ثانوية مجمعة أنبوبية مموجة لكن غير مثقبة. تصب في المصْرَف الرئيسي المكشوف التي هي قناة شبه منحرف.



المعطيات:

. معامل الصَّرْف: $cd = 0.00135$ *m/day/hec*.

. طول المصْرَف الحقلي: $L = 300$ *m*.

. ارتفاع الماء في منتصف المسافة بين مصْرَفين حقليين متجاورين: $H = 0.55$ *m*

. معامل النفاذية: $K = 0.4$ *m/day*.

. زاوية التقاء المصْرَف الحقلي مع المصْرَف المجمع: $\alpha = 30^o$.

. سماكة طبقة الفلتر $= 0.095$

. $n = 0.012$

. ميل المصْرَف الحقلي: $i = 0.0014$.

. عمق منطقة التجفيف: $h = 0.9$ *m*.

الحل:

إن الميل الأكبر هو الذي يحدد اتجاه المصارف الثانوية المجمعة، وهنا تكون المصارف الثانوية المجمعة وفقاً للميل *0.0018* في البداية نحسب التباعد بين المصارف الحقلية باستخدام علاقة كوستياكوف.

حيث نفرض تباعداً قدره $B = 125\ m$ بين المجال ($50 - 150\ m$).

* علاقة شيزي $Q = A.C.\sqrt{Ri}$ *

- $A = B . L = 125 * 300 = 3.75\ jec$
- $Q = cd . A$

حيث $cd = 0.00135\ m/day/hec = 1.5625 * 10^{-4}\ m^3/sec$

$\Rightarrow Q = 1.5625 * 10^{-4} * 3.75$

$\Rightarrow Q = 0.586\ l/s = 0.586 \times 10^{-3}\ m^3/sec$

$$* \ Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{d}{4}\right)^{1/6} \cdot \left(\frac{d}{4}\right)^{0.5} \cdot \sqrt{i}$$

$$nQ = 0.31 d^{2.67} \cdot \sqrt{i} \Rightarrow d^{2.67} = \frac{n.Q}{0.31\sqrt{i}}$$

$$\Rightarrow d^{2.67} = \frac{0.012 * 0.586 * 10^{-3}}{0.31 * \sqrt{0.0014}}$$

$\Rightarrow d = 0.062\ m$

نختار $d = 0.1\ m$ أي $d = 4in$.

نتحقق من السرعة: يجب أن تكون في المجال m/s ($1.5 \leftarrow 0.1$)

$$v = c\sqrt{Ri} = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{d}{4}\right)^{1/6} \cdot \left(\frac{d}{4}\right)^{0.5} \cdot \sqrt{L}$$

$$d = 0.1m \Rightarrow v = \frac{1}{0.012} * \left(\frac{0.1}{4}\right)^{1/6} * \left(\frac{0.1}{4}\right)^{0.5} * \sqrt{0.0014}$$

$\Rightarrow v = 0.267\ m/sec$ OK

سنعتمد $d = 0.1\ m$ $\Leftarrow$

• $r = \frac{d}{2}$ + سماكة طبقة الفلتر

$\Rightarrow r = \frac{0.1}{2} + 0.095 = 0.145\ m$

• المحيط المبلول $P = 2\pi r = 2 \cdot \pi \cdot 0.145$

$\Rightarrow P = 0.91\ m$

• قطر الصَّرْف $D = 0.53\ P = 0.53 * 0.91$

$\Rightarrow D = 0.4823\ m$

نطبق علاقة كوستياكوف:

$$B = \frac{\pi \cdot k^{(m/day)} \cdot H^{(m)}}{cd^{(m/day/h)}\left(2.3 \cdot \log\left(\frac{B}{D}\right) - 1\right)} \Rightarrow B = \frac{\pi * 0.4 * 0.55}{0.00135 * (2.3 \log \frac{125}{0.4823} - 1)}$$

نكرر جميع الخطوات السابقة لحين الحصول على B ثابت تقريباً:

• $A = 112.5 * 300 = 3.38\ hec$

• $cd = 0.00135\ m/day/hec = 1.5625 * 10^{-4}\ m^3/sec$

$Q = 1.5625 * 10^{-4} * 3.38 = 0.528 * 10^{-3}\ m^3/sec$

• $d = 0.06\ m$

• $v = 0.19\ m/sec$ OK

• $r = 0.125\ m$

• $P = 0.785\ m$

• $D = 0.53 * 0.785 = 0.4161\ m$

• $B = \dfrac{\pi * 0.4 * 0.55}{0.00135 * (2.3\log\dfrac{112.5}{0.4161} - 1)} \Rightarrow B = 111.5m$

سنعتبر التباعد بين المصارف: *B = 110 m*

فيكون التباعد بين المصارف المجمعة: *300 * sin 30 = 150 m* (طول المصْرَف الحقلي)

حيث الميل الأكبر هو الذي يحدد لنا اتجاه المصارف الثانوية المجمعة:

عدد التباعدات $= \dfrac{1800 - 300\cos 30}{110} = 14$ تباعد

• عدد المصارف الحقلية = عدد التباعدات + *1*

• عدد المصارف الحقلية = *15 = 1 + 14*

• طول المصْرَف المجمع = *1800 – 300 * cos 30= 1540 m*

إن طول المصْرَف الثانوي المجمّع لا يتجاوز (*800 → 1000 m*) لذلك نصمم مقطع المصْرَف المجمع على غزارتين:

1. المقطع الأول يمرر غزارات لأول تسعة مصارف حقلية ⇐

2. المقطع الثاني يمرر غزارات لـ *15* مصْرَفاً حقلياً ⇐

• للمصْرَف الحقلي الواحد $Q = \dfrac{110 * 300}{10000} * 1.5625 * 10^{-4}$

$\Rightarrow Q = 0.52 \times 10^{-3}\ m^3/sec$

• المقطع الأول $Q_1 = 0.52 * 10^{-3} * 9 = 4.68 * 10^{-3}\ m^3/sec$

• المقطع الثاني $Q_2 = 0.52 * 10^{-3} * 15 = 7.8 * 10^{-3}\ m^3/sec$

• من العلاقة : $d^{2.67} = \dfrac{nQ}{0.31\sqrt{i}}$

• $d_1 = 0.136\ m \Rightarrow h$ نستخدم قطراً نظامياً $d_1 = 0.135\ m$

• $d_2 = 0.164\ m \Rightarrow$ نستخدم قطراً نظامياً $d_2 = 0.165\ m$

• $v = \frac{1}{n}\left(\frac{d}{4}\right)^{1/6} * \left(\frac{d}{4}\right)^{1/2} * \sqrt{i} \Rightarrow v_1 = 0.33\ m/sec$ OK

$\Rightarrow v_2 = 0.37\ m/sec$ OK

من أجل رسم المقطع الطولي في المصْرَف الثانوي المجمّع مع تباين المناسيب:

من أجل رسم المقطع العرضي للمصْرَف المكشوف يجب حساب الغزارة:

• غزارة المصْرَف الثانوي المجمع = غزارة 15 مصْرَفاً حقلياً:

$Q = 15 * 0.52 * 10^{-3} = 7.8 * 10^{-3}\ m^3/sec$

غزارة المصْرَف المكشوف = غزارة أربع مصارف ثانوية مجمعة:

$Q_{\text{كلية}} = 4 \,.\, 7.8 \,.\, 10^{-3} = 0.0312\ m^3/sec$

$$\frac{b}{h} = B = 2\left(\sqrt{1+m^2} - m\right)$$

وسنفترض $m = 1.5$

$B = 0.61$

$$\frac{Q}{\sqrt{L}} = \frac{1}{n}(\beta + m)\left(\frac{\beta + m}{\beta + 2\sqrt{1+m^2}}\right)^{0.67} .h^{2.67}$$

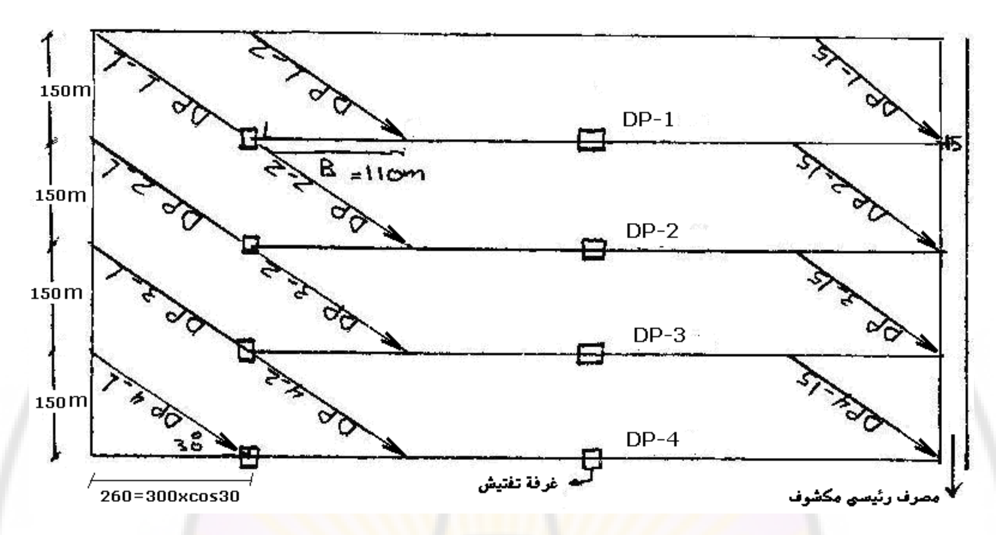
$i = 0.001$

$h = 0.17\ m$

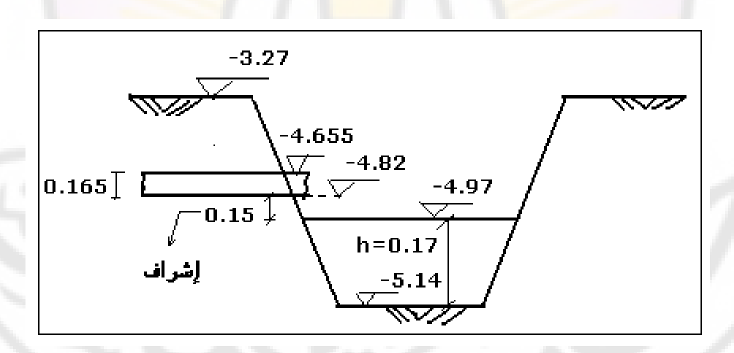
وبالتعويض نجد:

$$0.61 = \frac{b}{0.17} \Rightarrow b = 10cm, b_{\min} = 30cm$$

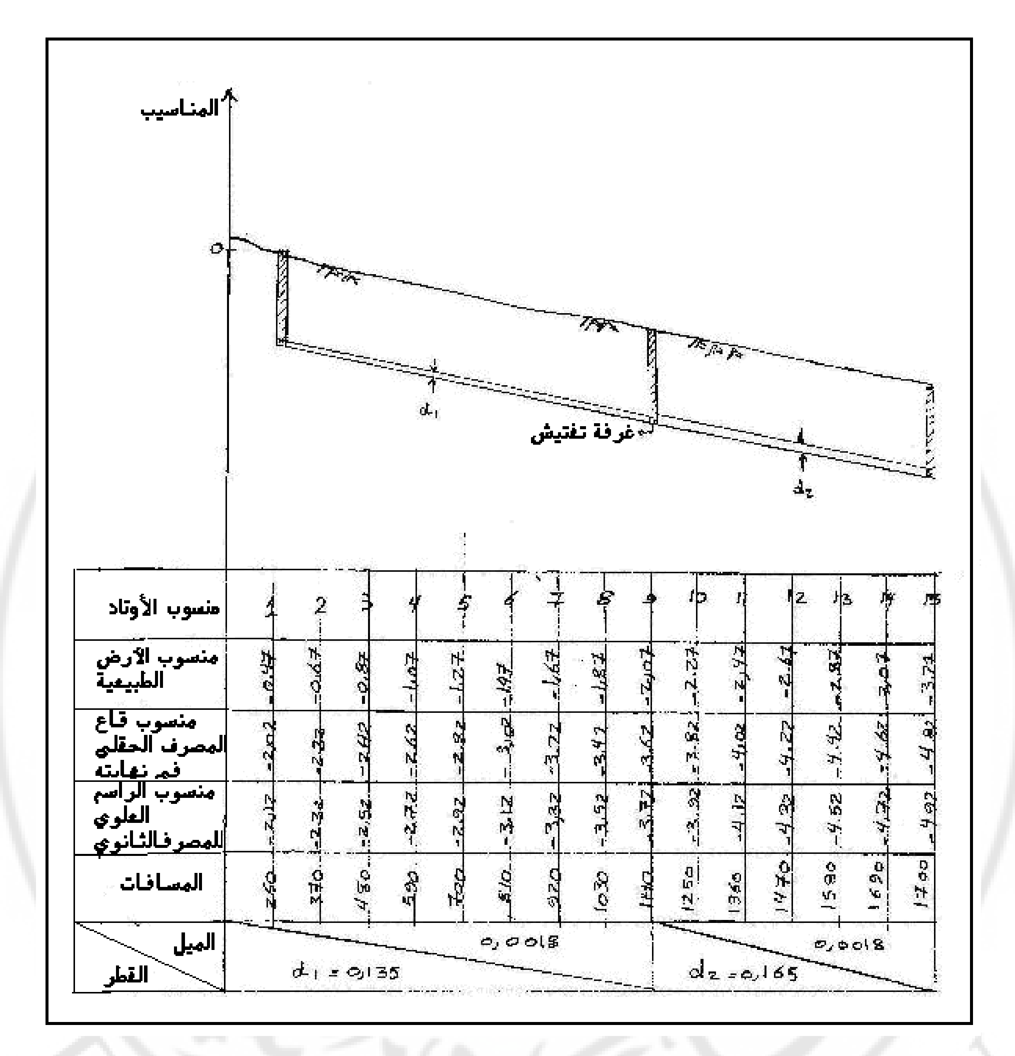
نعتمد $b = 30\ cm$.



كروكي يبين المسقط الأفقي للشبكة للمسألة السابقة

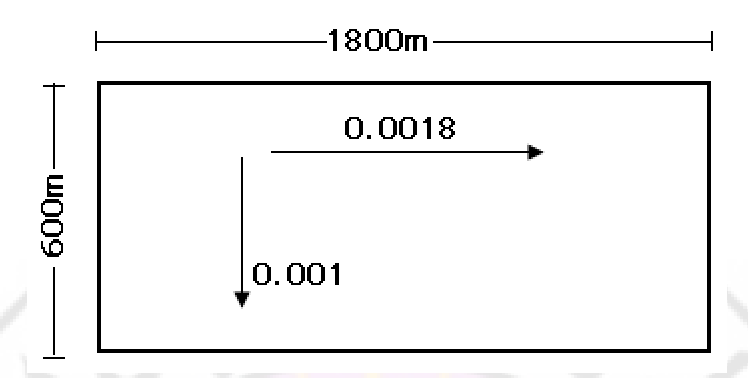


مقطع عرضي عند الوتد()



كروكي يبين المقطع الطولي للمسألة السابقة

المثال الثاني: يطلب تصميم شبكة صرف مغطى تتألف من ← مصارف حقلية أنبوبية (من الأنابيب البلاستيكية المثقبة المموجة) تصب في مصارف ثانوية مجمعة أنبوبية مموجة لكن غير مثقبة. تصب في المصْرَف الرئيسي المكشوف التي هي قناة شبه منحرف.



المعطيات:

. معامل الصَّرْف: $cd = 0.004\ m/day/hec$.

. طول المصْرَف الحقلي: $L = 300\ m$.

. ارتفاع الماء في منتصف المسافة بين مصْرَفين حقليين متجاورين ($H = 0.55\ m$).

. عمق منطقة التجفيف $h = 0.9\ m$.

. معامل النفاذية ($K = 0.4\ m/day$).

. معامل الخشونة للمصْرَف $m = 0.012$.

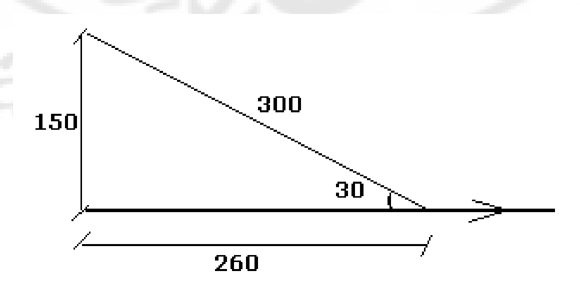
. ميل المصْرَف الحقلي: $i = 0.0014$.

. $\alpha = 30$ زاوية التقاء المصْرَف الحقلي مع المصْرَف الثانوي المجمع.

. سماكة طبقة الفلتر = $0.095\ m$.

الحل:

- $cd = 0.0041\ m/day/hec$



1 . نضع المصارف الثانوية المجمعة في اتجاه الميل الأعظم.

2 . ميل المصْرَف الحقلي $i = 0.0014$.

3 . حساب التباعد بين المصارف الحقلية:

. حساب المساحة التي يصرفها المصْرَف الحقلي ونعتبرها مستطيل وبفرض $B = 100\ m$.

$$\Rightarrow A = 100\ .\ 300 = 3\ hec$$

$$cd = 0.0041.m\frac{10^4 m^2}{24\times 3600} \Rightarrow cd = 4.745.10^{-4} m^3/\sec$$

$$Q = A\ .\ cd = 4.745 \times 10^{-4} \times 3 = 1.424\ .\ 10^{-3}\ m^3/sec$$

. حساب قطر المصْرَف الحقلي: تطبيق شيزي في الجريان المنتظم.

$$Q = \frac{1}{n}.A.R^{2/3}.i^{1/2}$$

في حال الامتلاء الكامل $R = \frac{d}{4}$

$$\rightarrow \overset{2.67}{d} = \frac{n.Q}{0.31.\sqrt{i}} \Rightarrow \overset{2.67}{d} = \frac{0.012\cdot 1.424\cdot 10^{-3}}{0.31\cdot\sqrt{0.0014}}$$

$$\rightarrow d = 0.087\ m$$

. نختار القطر من مضاعفات 2 $inch$ ويفضل ألا يقل عن $4\ inch \Leftarrow d = 0.1\ m$.

. نتحقق من السرعة يجب أن تكون في المجال $(0.2 - 1.5\ m/sec)$.

$$v = \frac{1}{n}\cdot\left(\frac{d}{4}\right)^{2/3}\cdot i^{0.5} \Rightarrow v = \frac{1}{0.12}\cdot\left(\frac{0.1}{4}\right)^{2/3}\cdot 0.0014^{0.5}$$

$\Rightarrow v = 0.27\ m/s$ هذه السرعة محققة

ويمكن لزيادة السرعة زيادة الميل الطولي للمصْرَف الحقلي.

$$\begin{bmatrix} r = \dfrac{d}{2} + 0.095 = 0.145m \\ P = 2\pi r = 0.91 \\ D = 0.53 \cdot P = 0.48m \end{bmatrix} B = \frac{\pi \cdot k \cdot H}{cd\left(2.3 \cdot \log\left(\dfrac{B}{D}\right) - 1\right)}$$

$$\Rightarrow B = \frac{\pi \cdot 0.4 \cdot 0.55}{0.0041\left(2.3 \cdot \log\left(\dfrac{100}{0.48}\right) - 1\right)} = 38.9m$$

$$\left[\begin{array}{l} A = 300 \cdot 38.9 = 1.2hec \\ Q = 4.745 \cdot 10^{-4} \cdot 1.2 = 5.7 \cdot 10^{-4} m^3 / \sec \\ d = 0.062m \Rightarrow r = \dfrac{0.062}{2} + 0.095 = 0.126 \\ P = 2\pi r = 0.79 \Rightarrow D = 0.53.P \Rightarrow D = 0.42m \\ \Rightarrow B = \dfrac{\pi \cdot 0.4 \cdot 0.55}{0.0041\left(2.3 \cdot \log\left(\dfrac{38.9}{0.42}\right) - 1\right)} = 47.8m \end{array}\right.$$

$$\left[\begin{array}{l} A = 300 \cdot 47.8 = 1.43hec \\ Q = 4.745 \cdot 10^{-4} \cdot 1.43 = 6.78 \cdot 10^{-4} m^3 / \sec \\ d = 0.066m \Rightarrow r = \dfrac{0.066}{2} + 0.095 = 0.128 \\ P = 0.8 \Rightarrow D = 0.53 \cdot 0.8 = 0.424m \\ \Rightarrow B = \dfrac{\pi \cdot 0.4 \cdot 0.55}{0.0041\left(2.3 \cdot \log\left(\dfrac{47.8}{0.424}\right) - 1\right)} = 45.3m \end{array}\right.$$

$$\left[\begin{array}{l} A = 300 \cdot 45.3 = 1.36 hec \Rightarrow Q = 6.45 \cdot 10^{-4} m^3 / \sec \\ d = 0.065m \Rightarrow r = 0.128 \Rightarrow P = 0.8 \\ \Rightarrow D = 0.42m \\ \Rightarrow B = \dfrac{\pi \cdot 0.4 \cdot 0.55}{0.0041\left(2.3 \cdot \log\left(\dfrac{45.3}{0.42}\right) - 1\right)} = 45.8m \end{array}\right.$$

. لكن القطر ($d = 0.065\ m$) غير نظامي؛

نأخذ قطر المصْرَف الحقلي: $d = 4\ inch = 0.1\ m$

إن طول المصْرَف المجمع الثانوي = $1540\ m$

ويفضل ألا يتجاوز طوله ($1000\ m$).

لذلك نصمم مقطع المصْرَف المجمع على ثلاث غزارات (للحالة الأولى لعدد المصارف الحقلية).

$A = 300 . 55 = 1.65\ hec$

$Q = 4.745 . 10^{-4} . 1.65 = 7.8 . 10^{-4}\ m^3/s$ للمصْرَف الحقلي الواحد

. للمقطع الأول: يمرر غزارة لأول عشرة مصارف حقلية:

$Q_1 = 7.8 . 10^{-4} \times 10 = 7.8 . 10^{-3}\ m^3/s$

. المقطع الثاني: يمرر غزارة لـ عشرين مصْرَفاً حقلياً:

$Q_2 = 7.8 . 10^{-4} \times 20 = 15.6 . 10^{-3}\ m^3/s$

. المقطع الثالث: يمرر غزارة لـ (29) مصْرَفاً حقلياً:

$Q_3 = 7.8 . 10^{-4} \times 29 = 22.6 . 10^{-3}\ m^3/s$

حساب d:

$$d^{2.67} = \frac{n.Q}{0.31.\sqrt{0.0018}}$$

$d_1 = 0.156\ m \Rightarrow d_1 = 0.15\ m$

$d_2 = 0.2\ m \Rightarrow d_2 = 0.2\ m$

$d_3 = 0.234\ m \Rightarrow d_3 = 0.25\ m$

. التحقق من السرعة:

$$v = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{d}{4}\right)^{2/3} \cdot i^{0.5}$$

$d_1 = 0.15\ m \Rightarrow v_1 = 0.39\ m/s$

$d_2 = 0.2\ m \Rightarrow v_2 = 0.47\ m/s$

$d_3 = 0.25 \Rightarrow v_3 = 0.55\ m/s$ والسرعة محققة

رسم المقطع الطولي للمصْرَف الثانوي المجمع:

. نضع أوتاد عند كل مصْرَف حقلي كل ($55\ m$) يصير لدينا 29 وتداً.

. نعتبر منسوب الصفر عند النقطة A بداية الأرض.

. فيكون منسوب الوتد الأول $0.0014 \cdot 300 = -0.42$

. لتحديد مناسيب بقية الأوتاد: بزيادة الخطوة: $\Delta H = 55 \cdot 0.0018$

$\Delta H = -0.1\ m$

. فيكون منسوب الوتد الثاني = $-0.52\ m$

منسوب الوتد الثالث = $-0.62\ m$

. منسوب قاع المصْرَف الحقلي في نهايته عند الوتد الأول:

= منسوب الأرض الطبيعية + $d + H + h$

$= 0.42 + 0.9 + 0.55 + 0.1$

$= -1.97\ m$

منسوب الراسم العلوي للمصْرَف الثانوي المجمع عند الوتد الأول:

بدايته أعمق من منسوب قاع المصْرَف الحقلي بـ ($10 - 15\ cm$).

. منسوب الراسم السفلي للمصْرَف الثانوي المجمع عند الوتد الأول:

= منسوب الراسم العلوي + d للمصْرَف الثانوي.

رسم المقطع العرضي للمصْرَف المكشوف:

. يبدأ المصْرَف الرئيسي المكشوف عند مصب المصْرَف الثانوي المجمع الأول.

. طوله ($L = 600 - 150 = 450\ m$).

. حساب الغزارة: غزارة المصْرَف الثانوي المجمع = غزارة 29 مصْرَفاً حقلياً.

= $22.6 \cdot 10^{-3}\ m^3/sec$.

⇐ غزارة المصْرَف الرئيسي المكشوف = غزارة أربعة مصارف ثانوية مجمعة.

$= 22.6 \cdot 10^{-3} \times 4 = 0.09\ m^3/sec$

بفرض: ($m = 1.5$)، ($n = 0.035$)، ولدينا ($i = 0.001$)

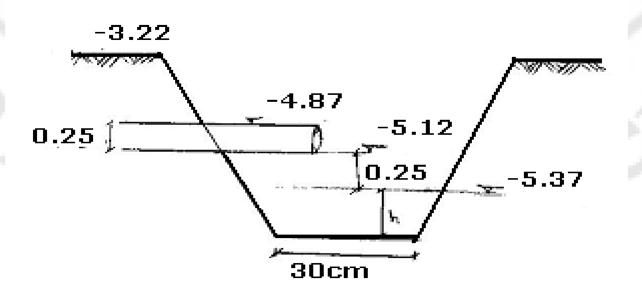
$$\beta = \frac{b}{h} = 2\left(\sqrt{1+m^2} - m\right) = 0.61$$

$$\frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{1}{n}.(\beta + m)\left(\frac{\beta + m}{\beta + 2\sqrt{1+m^2}}\right)^{0.67} \cdot h^{2.67} \Rightarrow h = 0.38 \Rightarrow$$

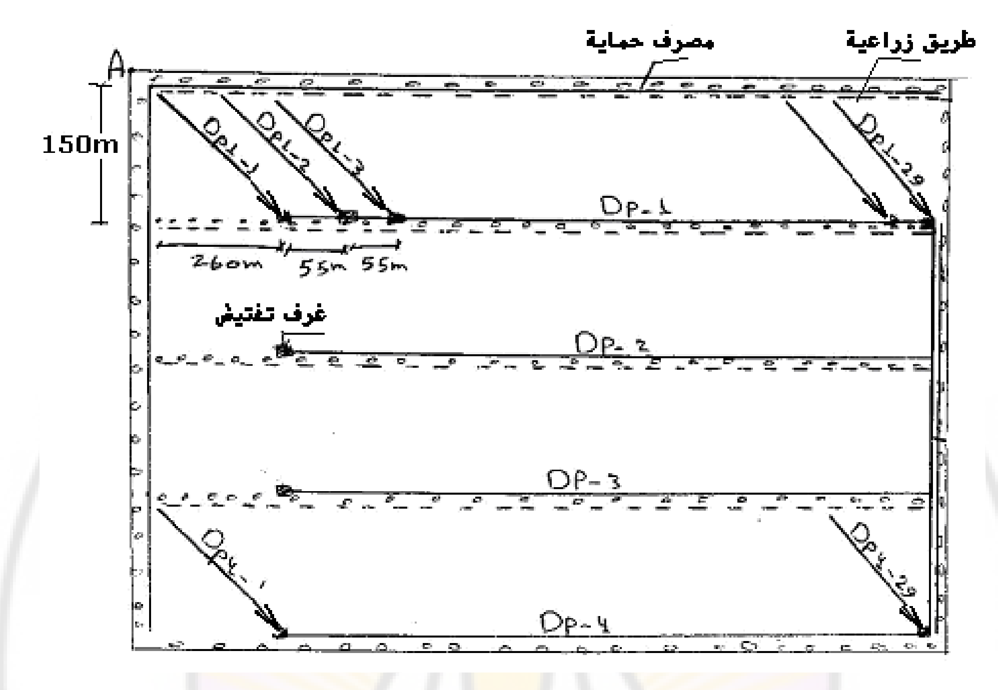
$b = 0.23m$

ولكن $b_{min} = 30\ cm$

لذلك نفرض قيمة $b = 30\ cm$ ونعوض ونحسب قيمة h الفعلية وعادة قيمة h تراوح بين $15\ cm$ و $50\ cm$.



مقطع عرضي عند الوتد()



كروكي يبن المسقط الأفقي للشبكة

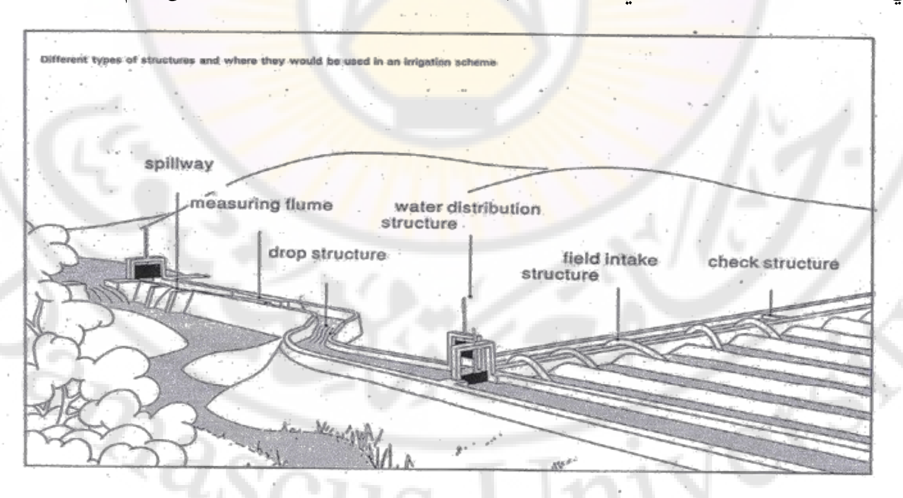
الأوتاد	منسوب الأرض الطبيعية	منسوب قاع المصرف الحقلي في زاوية	منسوب الراسم العلوي للمصرف الثانوي	منسوب الراسم السفلي للمصرف الثانوي	المسافة	الميل	القطر
1	-0,42	-1,97	-2,07	-2,22	260	0,0018	$d_1 = 0,15$
2	-0,52	-2,07	-2,17	-2,32	315		
3	-0,62	-2,17	-2,27	-2,42	370		
4	-0,72	-2,27	-2,37	-2,52	425		
5	-0,82	-2,37	-2,47	-2,62	480		
6	-0,92	-2,47	-2,57	-2,72	535		
7	-1,02	-2,57	-2,67	-2,82	590		
8	-1,12	-2,67	-2,77	-2,92	645		
9	-1,22	-2,77	-2,87	-3,02	700		
10	-1,32	-2,87	-2,97	-3,12	755	0,0018	$d_2 = 0,2$
11	-1,42	-2,97	-3,07	-3,27	810		
12	-1,52	-3,07	-3,17	-3,37	865		
13	-1,62	-3,17	-3,27	-3,47	920		
14	-1,72	-3,27	-3,37	-3,57	975		
15	-1,82	-3,37	-3,47	-3,67	1030		
16	-1,92	-3,47	-3,57	-3,77	1085		
17	-2,02	-3,57	-3,67	-3,87	1140		
18	-2,12	-3,67	-3,77	-3,97	1195		
19	-2,22	-3,77	-3,87	-4,07	1250		
20	-2,32	-3,87	-3,97	-4,17	1305	0,0018	$d_3 = 0,25$
21	-2,42	-3,97	-4,07	-4,32	1360		
22	-2,52	-4,07	-4,17	-4,42	1415		
23	-2,62	-4,17	-4,27	-4,52	1470		
24	-2,72	-4,27	-4,37	-4,62	1525		
25	-2,82	-4,37	-4,47	-4,72	1580		
26	-2,92	-4,47	-4,57	-4,82	1635		
27	-3,02	-4,57	-4,67	-4,92	1690		
28	-3,12	-4,67	-4,77	-5,02	1745		
29	-3,22	-4,77	-4,87	-5,12	1800		

كروكي يبين المقطع طولي للمسألة السابقة

الفصل الثامن

المنشآت على شبكات الري

تُجهَّز شبكات الري بأعداد كبيرة من المنشآت والتجهيزات الهندسية المختلفة، بغية تأمين دخول وتوزيع المياه بين أجزاء الشبكة بشكل فعال بما يتوافق مع مخطط الاحتياجات المائية المطلوبة. لتحقيق كفاءة عالية في التحكم والتوزيع والإدارة تُجهَّز شبكات الري بأعداد كبيرة من المنشآت والتجهيزات الهندسية المختلفة، بغية تأمين دخول وتوزيع المياه بين أجزاء الشبكة بشكل فعال بما يتوافق مع مخطط الاحتياجات المائية المطلوبة، ويجب مراعاة البدائل المختلفة للتخطيط من أجل تقليل التكاليف بقدر الإمكان وذلك قبل إقرار التخطيط النهائي، و فيما يلي عرض لبعض المنشآت التي نصادفها في مشروعات الري والصرف بشكل عام .

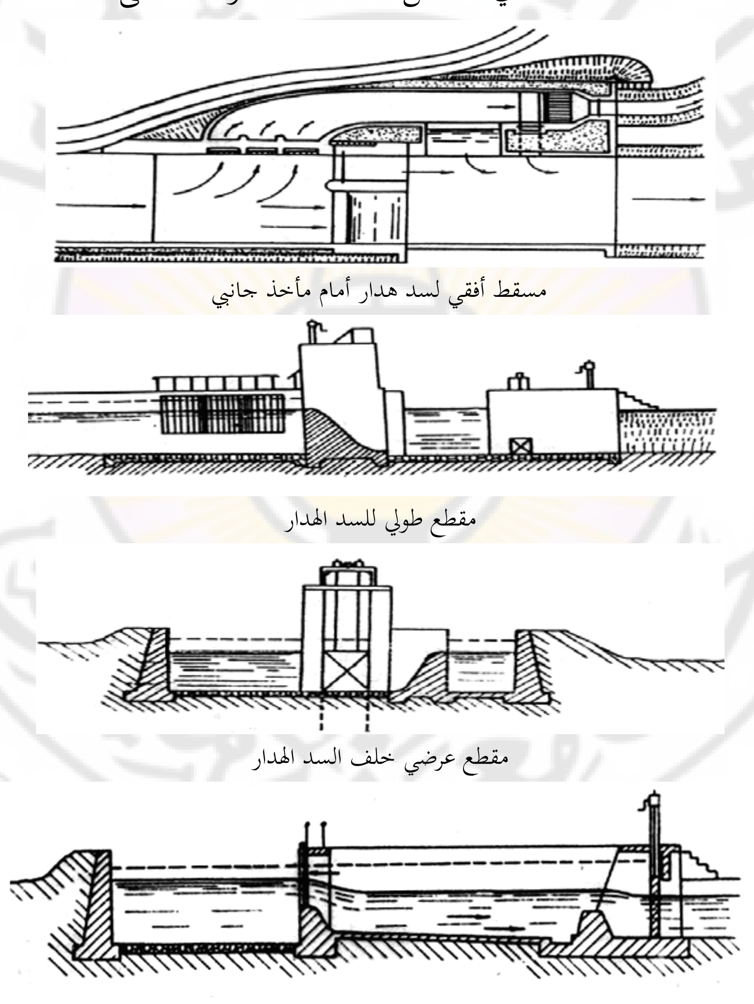


الشكل (8-1) بعض أنواع المنشآت المائية التي يمكن استخدامها في شبكات الري

8–1. منشآت التنظيم والتحكم Regulation And Control Structures

– المنشأة الرأسية أو المأخذ الرئيسي (Head Regulator, Main Water Intake):

وتقوم بأخذ المياه من المصدر المائي (نهر، بحيرة ...) وتوجهه إلى قناة الجر الرئيسية. توجد منشأة المأخذ عند مأخذ أي قناة من القناة ذات الدرجة الأعلى.



مسقط أفقي لسد هدار أمام مأخذ جانبي

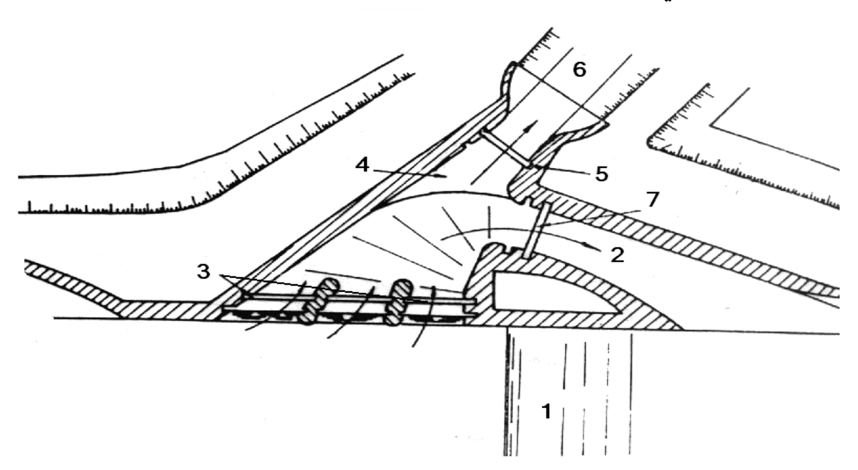
مقطع طولي للسد الهدار

مقطع عرضي خلف السد الهدار

مقطع طولي بالهدار الجانبي وحوض الترسيب

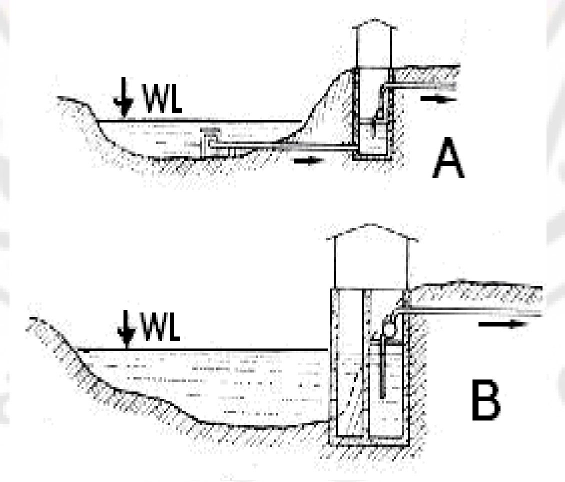
الشكل (8–2) : مخطط نموذجي لمأخذ مائي غير مباشر

وذلك للتحكم في تصريف المياه الداخلة لهذه القناة حسب الاحتياج المائي، أما بالنسبة إلى المراوي والسواقي الصغيرة فيمكن الاستعاضة عن منشأة المأخذ بفتحة بسيطة للري.



1- سد هدار. 2- ممر المواد المترسبة. 3- بوابات دخول الماء. 4- عتبة حماية.
5- بوابة حماية. 6- قناة سحب المياه. 7- بوابة طرد المواد المترسبة.

الشكل (8-3) نموذج مأخذ جانبي على مجرى سيلي



الشكل (8-4) المآخذ المائية المباشرة الغاطسة

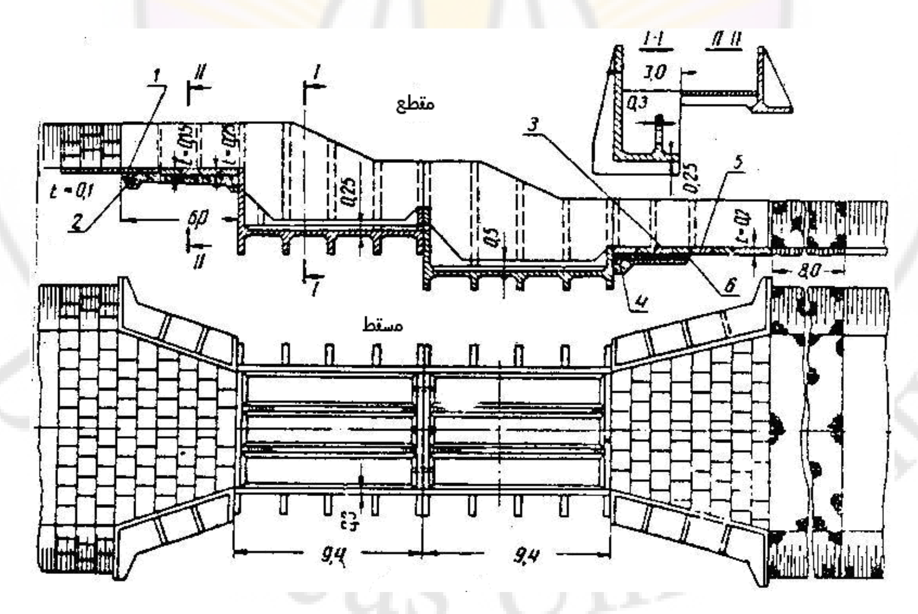
- منشأة الحجز Control Regulator

تستخدم منشأة الحجز على الأقنية الفرعية أو الرئيسية لغرض رفع منسوب الماء أمام المنشأة لتغذية الأقنية الجانبية من أمام منشأة الحجز بسهولة ودون استخدام المضخات.

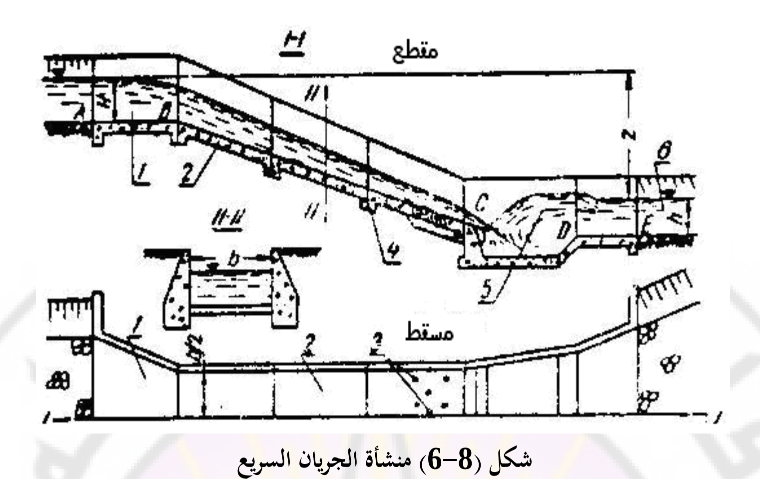
– منشآت القياس والمراقبة (Measurement Structures):

إن إدارة وتشغيل نظام الري بفعالية يتطلب قياس التدفقات والمناسيب في مختلف أجزاء الشبكة. يمكن في بعض الحالات قياس التدفق دون استخدام منشآت خاصة، كما يمكن استخدام منشآت قياس نذكر منها: الهدارات (Weirs)، قناة بارشال (Parshell Flume) مقياس التدفقات المفتوحة (Open Flow Meters).

– منشآت الالتحام والوصل : ومهمتها تنظيم السرعة في الاقنية مثل المجاري السريعة (**Drop Structures**) والمدارج المائية (**Chute Structures**).



شكل (8–5) يمثل مدرجاً مائياً



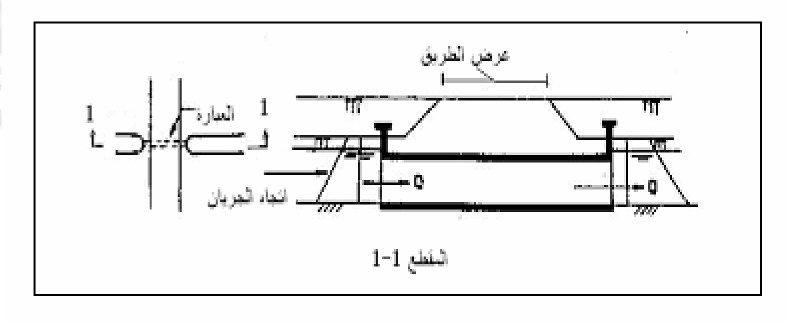
شكل (8–6) منشأة الجريان السريع

8–2. منشآت التقاطعات:Crossing Structures

عند تخطيط شبكة الري والصرف لمنطقة ما يمكن أن نصادف تقاطعات مختلفة للأقنية والمصارف والطرقات بعضها مع بعض من هذه المنشآت يمكن أن نذكر:

أ– العبارة: Culvert

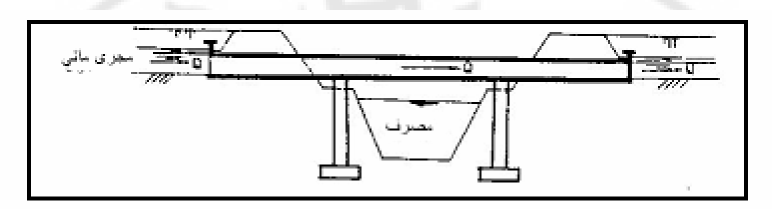
وهي عبارة عن مجرى مائي مغلق يمرر مياه القناة أو المصرف تحت الطريق، وفي الغالب يكون التقاطع بشكل متعامد. ومقطع العبارة يمكن أن يكون دائرياً أو صندوقياً (مربعاً أو مستطيلاً) من الحديد أو البيتون المسلح أو من المواد المحلية بسقف قوسي كما كان مستخدماً في القديم. شكل (8-7).



شكل (8–7)

ب– الجسر المائي: Bridge

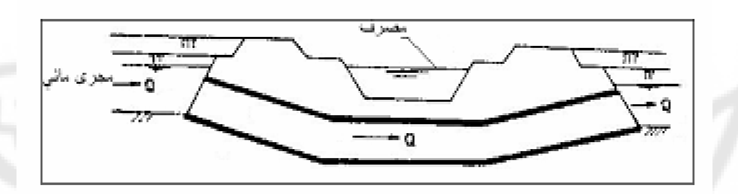
يؤدي نفس مهمة العبارة، ولكن المجرى المائي تحت الجسر يكون مكشوفاً. ويفضل استخدامه عندما يكون المجرى عريضاً والتصريف كبيراً، شكل(8-8).



شكل (**8–8**)

ج– السيفون المقلوب: Siphon

يستعمل السيفون المقلوب عند تقاطع مجريين مائيين ، أي يمر أحد المجريين أسفل المقطع الأصلي للمجرى الآخر، أو عند تقاطع قناة أو مجرى مائي مع وادٍ يراد اجتيازه إلى الضفة المقابلة شكل (8-9).



شكل (**8–9**)

3–8. منشآت التفريغ:

تؤدي هذه المنشآت مهمة الوصل بين نهاية أنابيب الدفع؛ التي تمثل أبعد نقطة عن محطات الضخ وبين بحيرات تخزين المياه أو المستقبلات في بداية أقنية الري الأشكال شكل (8–10)، شكل (8–11)، شكل (8–12)، شكل (8–13)، شكل (8–14)، شكل (8–15). وهذه المنشآت يجب أن تؤمن :

- منع الجريان العكسي من المستقبل عبر الأنابيب إلى محطة الضخ عند التوقف عن العمل أو لإفراغ أنابيب الدفع من المياه.
- تأمين خروج انسيابي سلس للماء من أنبوب الدفع إلى المستقبل بأقل قيمة لفواقد الضغط.
- توزيع الماء إلى عدد من المستهلكين.
- تأمين إقلاع آمن لمجموعة المضخات وتأمين إدخال الهواء إلى أنبوب الدفع عند تفريغه من الماء.

هذه المنشآت يجب أن تكون مستقرة بشكل جيد وتكون سهلة الاستثمار.

وتتكون منشآت التفريغ من:

- رأس منشأة التفريغ والذي يحوي مخروط التوسع لأنبوب الدفع.
- السكورة العاملة وسكورة الإصلاح.
- بئر أو حوض التهدئة.
- عناصر ربط الحوض مع قناة جر المياه.
- مهرب أو مصرف للمياه في حالة الطوارئ منعاً من طوفان المياه على جانبي الحوض أو أكتاف الأقنية.

وتقسم منشآت التفريغ حسب طريقة منع الجريان العكسي للماء عند توقف وحدات الضخ إلى:

- منشأة التفريغ المزودة بآليات إغلاق ميكانيكية.
- منشأة سيفونية.
- منشأة هدارية.

– **المنشآت المزودة بآليات إغلاق ميكانيكية** : هذه المنشآت عامة، وتصلح عند أي قيمة لتذبذب منسوب المياه في المستقبل، ولكن باستخدام النوع المناسب من السكورة أو

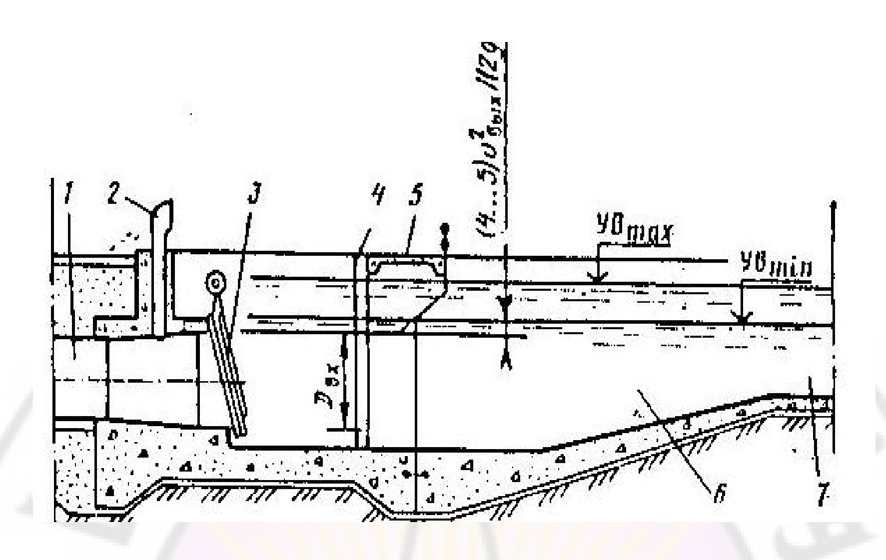
سكورة عدم الرجوع، وكذلك تصلح عند أي غزارة لمحطة الضخ، ويمكن أن يعمل أي عدد من المضخات في أنبوب دفع واحد. وتكون نهاية أنابيب الدفع مستقيمة. وتمنع آلية الإغلاق الجريان العكسي للماء عند توقف وحدات الضخ عن العمل أو عند تعرض أنبوب الدفع للكسر.

المنشآت السيفونية: نصادف هذه المنشآت في محطات الضخ لأغراض الري، ويتم منع الجريان العكسي عبر السيفون الذي ينتهي به أنبوب الدفع عن طريق إدخال الهواء إلى السيفون من صمام خاص موجود أعلى السيفون عند توقف وحدات الضخ أو كسر أنبب الدفع. ويشترط عند استخدام هذا النوع أن يكون الانفراغ الساكن في السيفون أقل من $(6m)$ أي ارتفاع أعلى نقطة في السيفون عن أدنى مستوى محتمل في المستقبل. وكذلك يجب أن تعمل المضخات عند الاقلاع في منطقة العمل غير المستقر، كما يلزم أن يكون السيفون دائماً مغمور النهاية الأفقية بعد الجزء الهابط منه.

المنشآت الهدارية: وينصح استخدامها في حال كون تذبذب منسوب المياه في المستقبل أقل من $(50cm)$؛ ويتم صب الماء من أنبوب الدفع إلى خزان جدرانه تكون أعلى من المنسوب الأعظمي للماء في المسقبل ثم تعبر الهدار إلى المستقبل. وهنا الجريان العكسي من المستقبل إلى أنبوب الدفع غير ممكن .

4–8. منشآت الحماية (Protective Structures):

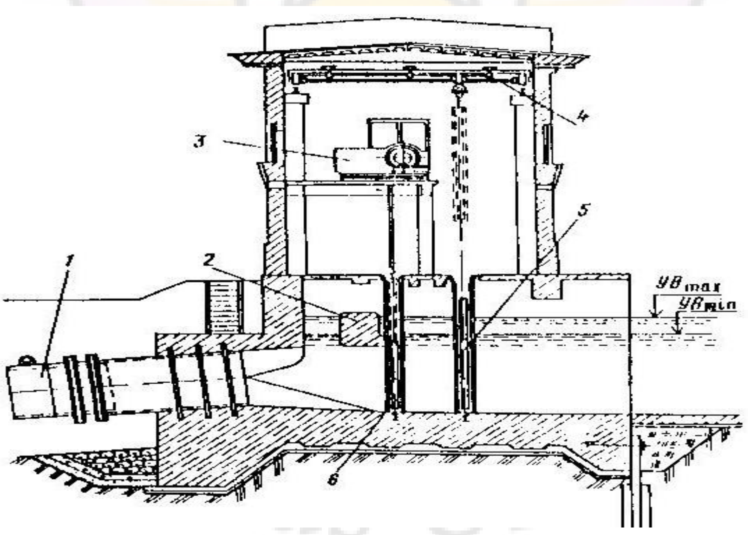
تشمل حماية خارجية لأكتاف الأقنية من أضرار الجريان السطحي الناتج عن العواصف المطرية، مثل أقنية صرف وحماية داخلية من التدفقات الزائدة نذكر منها: المفيض الجانبي الحر (Free Spillways) أو المفيض الجانبي المزود ببوابات قوسية (Spillway with Ring Gate) أو المزود بسيفونات (siphon spillway).



1- أنبوب الدفع. 2- قصبة هوائية. 3- سكر عدم رجوع. 4- مجارٍ لوضع بوابة إصلاح.

5- جسر خدمة. 6- حوض تهدئة. 7- قناة التصريف.

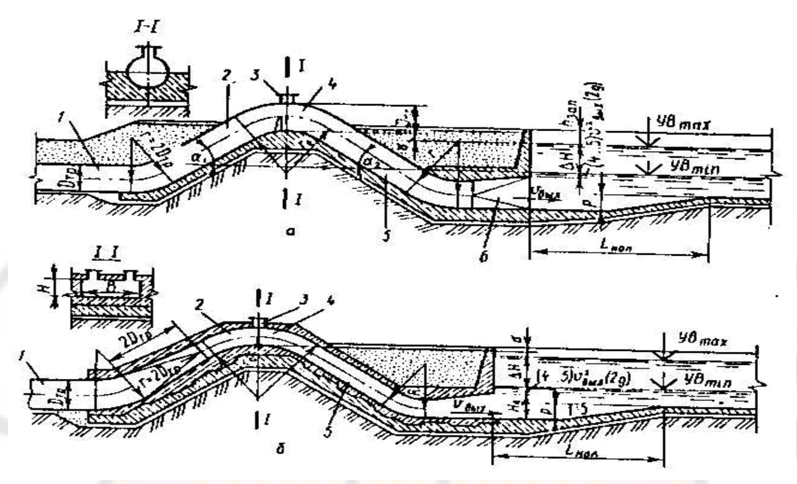
شكل (8-10) منشأة تفريغ مزودة بسكر عدم رجوع وحيد القرص



1- أنبوب الدفع. 2- عتبة فتحة الخروج. 3- رافعة البوابة. 4- رافعة جسرية.

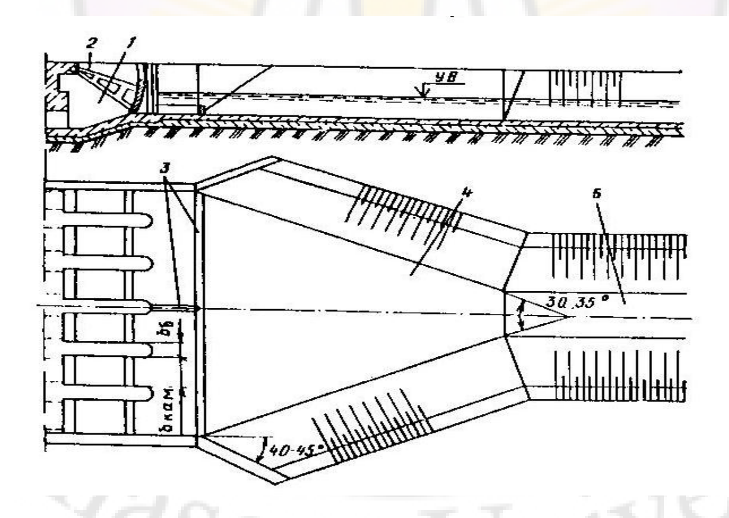
5- بوابة إصلاح عند الطوارئ. 6- البوابة العاملة سريعة السقوط.

شكل (8-11) منشأة تفريغ مزودة ببوابات مستوية سريعة السقوط



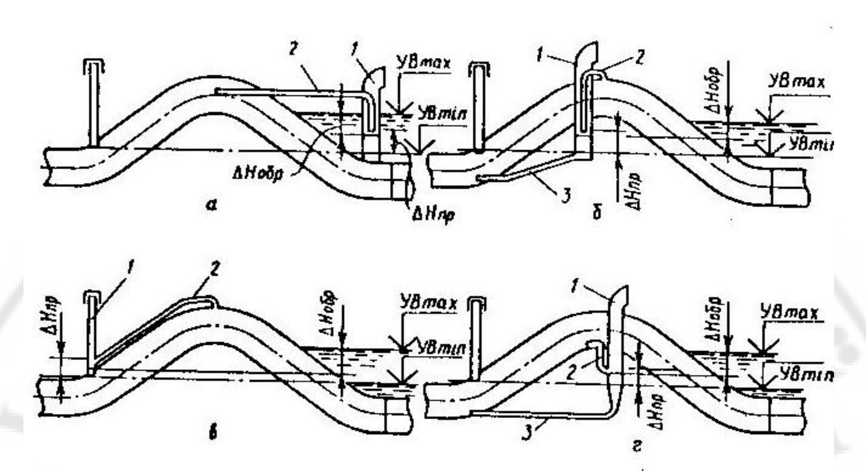
1-أنبوب الدفع. 2 و3- الجزء الصاعد من السيفون. 3- فتحة لتركيب صمام التخلية.
4- حنجرة السيفون. 5- الجزء الهابط من السيفون. 6- مخروط التوسع عند مخرج السيفون.

شكل (8-12) منشأة تفريغ سيفونية



1- أنبوب الدفع. 2- عتبة فتحة الخروج. 3- رافعة البوابة. 4- رافعة جسرية.
5- بوابة إصلاح عند الطوارئ. 6- البوابة العاملة سريعة السقوط.

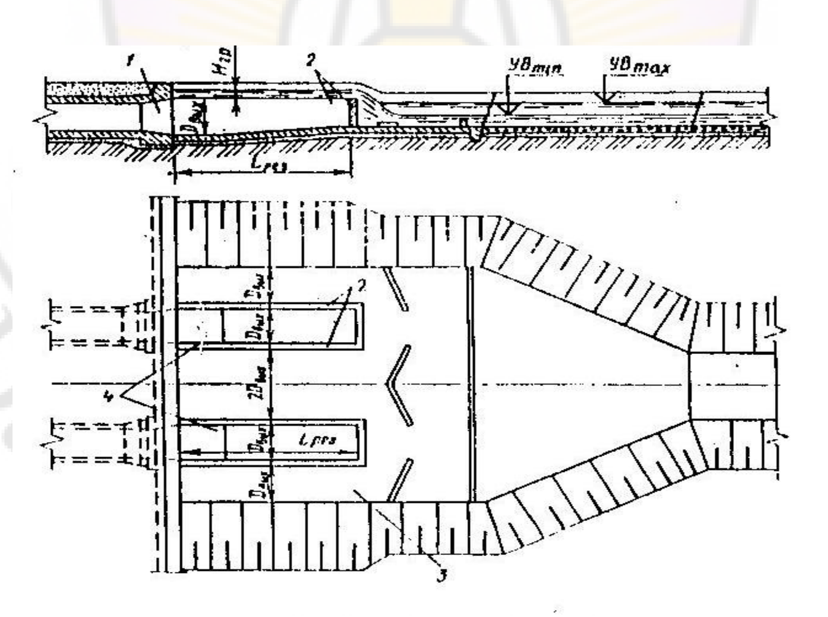
شكل (8-13) منشأة تفريغ مزودة ببوابات مستوية سريعة السقوط



1- الحجرة أمام البوابة. 2- البوابة القطاعية. 3- مخمد الطاقة.

4- الجزء الإنتقالي. 5- قناة تصريف.

شكل (8-14) منشأة تفريغ مزودة ببوابات قطاعية



1- مخروط التوسع. 2- جدار الحوض. 3- حوض التهدئة. 4- حوض.

شكل (8-15) منشأة تفريغ هدَّار


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

معجم المصطلحات	
انكليزي	**عربي**
A	
Absolute humidity	رطوبة مطلقة
Absolute Pressure	الضغط المطلق
Absorption	امتصاص
Actual evapotranspiration	الانفضاج التبخري الحقيقي
Adsorption	إدمصاص
Agricultural	زراعي
Aeration zone	منطقة التهوية
Analysis	تحليل
Arid zone	منطقة جافة
Atmospheric pressure	الضغط الجوي
Available water	الماء المتاح
Average Velocity	السرعة الوسطية
B	
Barometer	مقياس الضغط الجوي
Basin	حوض ساكب (صباب)
Basin Flooding	الغمر بالأحواض
Basin Irrigation	الري بالغمر
Border irrigation	الري بالانسياب
Basic	أساسي
C	

Canal	قناة
Capacity	سعة
Capacity Field	السعة الحقلية
Capillary	الخاصية الشعرية
Capillary Water	الماء الشعري
Capillary potential	الكمون الشعري
Clay	الغضار
Climatic facters	عوامل مناخية
Climate	مناخ
Coefficient	معامل
Coefficient permeability	معامل النفاذية
Coefficient wilting	معامل الذبول
Concentration	تركيز
Consumptive use	معدل الاستهلاك – المقنن المائي
Contamination	تلوث
Content, moisture	محتوى الرطوبة
Continuity Equation	معادلة الاستمرار
Continuity of Flow	استمرارية الجريان
Controlled Flooding	الغمر المتحكم به
Contour – water lable	سطح الماء الجوفي
Contoure chechs Flooding	الغمر بحواجز خطوط التسوية
Contour line	خطوط التسوية

Course sand	رمل خشن
Croprotaion	دورة زراعية
Crop coefficient	عامل المحصول
Cross section	المقطع العرضي
Cultivation	حراثة
D	
Darcy- Weisbach Equation	علاقة دارسي-فيسباخ
Deep -percolation	الرشح العميق
Deep - furrow	أخاديد عميقة
Density	كثافة
Denudation	تعرية
Deposits	رواسب
Discharge	الغزارة أو التصريف
Discharge Coefficient	معامل التصريف
Distributor	موزع
Distribution	توزيع – تقسيم
Ditches	مراوٍ حقلية
Drainage system	شبكة صرف
Drip irrigation	الري بالتنقيط
E	
Economic factors	عوامل اقتصادية
Effective rainfall	المطر الفعال

Efficiency	كفاية– فعَّالية
Elevation Head	الضاغط الكامن
Energy Equation	معادلة الطاقة
Energy Line	خط الطاقة
Entrance Length	طول المدخل
Equation	معادلة
Evapotranpiration	الانفضاج التبخري
F	
Fertilizers	مخصبات
Field	حقل
Field capacity	السعة الحقلية
Field inlet	مأخذ مائي
Field moisture	الرطوبة الحقلية
Fine sand	رمل ناعم
Flooding	الغمر
Flow	الجريان
Fluid Static	توازن السائل
Force	قوة
Free Stream Velocity	سرعة التيار الحر
Friction Factor	معامل الاحتكاك
Friction Losses	فواقد الاحتكاك
Froude Number	عدد فراود

Furrow irrigation	الري بالخطوط (الأخاديد)
G	
Gradient	التدرج
Gravity irrigation	الري بالراحة أو الثقالة
Growth stage	مرحلة النمو
Gravitation potential	كمون الجاذبية الأرضية
Gravel	حصى
Ground water	مياه جوفية
H	
Head	الضاغط
Head Losses	فواقد الطاقة
Homogeneous	متجانس
Humidity	رطوبة
Humus	دبال
Hydraulic	الهيدروليك
Hydraulic conductivity	الناقلية المائية
Hydraulic Grade Line	خط التدرج الهيدروليكي
Hydraulic radius	نصف القطر الهيدروليكي
Hydrostatic	الضغط الساكن أو الهيدروستاتيكي
Hydrostatic Distribution	توزع الضغط الساكن
Hygroscopic water	الماء الهيجروسكوبي
I	

Ideal Fluid	السائل المثالي
Infiltration rate	معدل الرشح
Interval	فاصل
Inverted siphons	سيفونات مقلوبة
Irrigation methods	طرق الري
Irrigation water quality	نوعية مياه الري
Irrigation structures	منشآت الري
Irrigation by beds	الري بالأحواض
Irrigation by sprinkler	الري بالرذاذ
Investigations	تحريات
L	
Lateral canal	قناة فرعية
Law, Darcy	قانون دارسي
Layer	طبقة
Length	الطول
Line flow	خط الجريان
Linear Losses	الفواقد الطولية
Liquid	سائل
Local Losses	الفواقد المحلية
Lysimeter	ليزيمتر (حوض تجريبي)
M	
Maintenance	صيانة

Management	إدارة
Major Losses	الفواقد الرئيسة
Mass	الكتلة
Method of irrigation	طرق الري
Mechanics soil	ميكانيك التربة
Medium sand	رمل متوسط
Minor Losses	الفواقد الثانوية
Model	نموذج
Moisture	رطوبة
N	
Net radiation	الإشعاع الفعال
Network	شبكة
Non-uniform Flow	الجريان غير المنتظم
O	
Offtake	مأخذ
Optimum section	المقطع الأمثل
Openditch drain	صرف مكشوف
P	
Perimeter wetted	المحيط المبلول
Period	فترة
Permeable	مسامي
Percolation	تسرب
Permeability	نفوذية

Phase	طور
Photo synthesis	تركيب ضوئي
Piezometer	بيزومتر
Piezometric Head	الضاغط البيزومتري
Pipe	أنبوب
Pipe Roughness	خشونة الأنبوب
Point	نقطة
Point wilting	نقطة الذبول
Polyethylene	بولي ايتيلين
Porosity	مسامية
Precipitation	هطول
Pressure	ضغط
Pressure Gradient	تدرج الضغط
Pressured Flow	الجريان المضغوط
Primary Quantities	الكميات الأساسية
Q	
Quantity	كمية
Quasisteady Flow	الجريان شبه المستقر
R	
Radiation	إشعاع
Rain storm	عاصفة مطرية
Rectangular Wall	جدار مستطيل

Relative Density	الكثافة النسبية
Relative Roughness	الخشونة النسبية
Reservoir	خزان
Resources water	مصادر المياه
Retreat curve	منحني الانحسار
Reynolds Number	عدد رينولدز
River	نهر
Roughness	الخشونة
Runoff	جريان
S	
Saline soil	تربة مالحة
Salt leaching	غسيل الأملاح
Salinity	تملح
Saturation	إشباع
Secondary Quantities	الكميات الثانوية
Sedimentation	ترسيب
Silting	إطماء
Skin Friction Coefficient	معامل الاحتكاك
Soil water	ماء التربة
Soil factors	عوامل التربة
Soil moisture	رطوبة التربة
Soil structure	هيكل التربة

Soil texture	قوام التربة
Specific Weight	الوزن النوعي
Sprinkler irrigation	الري بالرش
Static	توازن
Steady Flow	الجريان المستقر
Sub irrigation	الري تحت سطح التربة
Submerged Horizontal Surface	السطوح الأفقية المغمورة
Submerged Surface	السطوح المغمورة
Sudden Contraction	تضيق مفاجئ
Sudden Expansion	توسع مفاجئ
Surface irrigation	الري السطحي
System	نظام
T	
Temperature	الحرارة
Tensiometer	مقياس الشد الشعري
Terrace	مصطبة
Total Dissolved Solids (TDS)	الأملاح الذائبة الكلي
Transitional	انتقالي
Transpiration	النتح
U	
Under Flow	جريان جوفي
Uniform	منتظم

Uniform Flow	الجريان المنتظم
Unit	واحدة
Unsaturated soil	تربة غير مشبعة
Unsteady Flow	الجريان غير المستقر
V	
Vacuum	التفريغ أو التخلية
Vapor	تبخر
Vapor Pressure	ضغط التبخر
Vee Weir	هدار مثلثي
Vegetation	إنبات
Velocity	السرعة
Velocity Coefficient	معامل السرعة
Velocity Head	الضاغط الحركي
Vertical	عمودي (شاقولي)
Vertical Wall	جدار شاقولي
Viscosity	اللزوجة
Viscous Flow	الجريان اللزج
W	
Water balance	التوازن المائي
Water table	سطح الماء القاعدي
Water bearing	حامل المياه
Water conveyance	نقل المياه

Water distribution	توزيع المياه
Water facters	عوامل مائية
Water sources	مصادر مائية
Weathering	تجوية– التعرية الجوية
Weir	الهدار
Wild flooding	الغمر الحر



المراجع العربية:

1. أسعد، واصف ، الري (1) – تقنيات الري، مديرية الكتب والمطبوعات ، منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة المدنية (2005-2006).
2. أسعد، واصف الري والصرف، المشروع النموذجي الأول في الري والصرف، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية ، منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة المدنية (1998-1999).
3. الأحمد، أحمد سليمان، طرق الاستفادة من مياه الصرف والمياه غير التقليدية في الأراضي المستصلحة، ندوة الترب المالحة والجبسية بين الري والزراعة والاستصلاح، كلية الزراعة الثانية– دير الزور– جامعة حلب– آذار– 1999.
4. زينو، أمجد؛ قتيبة السعدي، محطات الضخ ، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية ، منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة المدنية (1999–2000).
5. برادعي، عمار– الري والصرف، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية ، منشورات جامعة حلب، كلية الهندسة المدنية (1997).
6. حسين، عبد الرزاق؛ واصف أسعد – الري والصرف، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية ، منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة المدنية (1981-1982).
7. سليمان، أمين؛ حسان جودي، ياسر حمدان – الري والصرف لغير المختصين، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، منشورات جامعة البعث، كلية الهندسة المدنية (1999–2000).
8. سلامة، معن – رفع كفاءة استخدام المياه في الزراعة، مشروع تيمبوس (2006).
9. سكاف ، أدهم؛ أحمد زين العابدين ، مصطفى مرسي ، ري وصرف (جزء أول)، مديرية الكتب الجامعية، جامعة حلب .1979

10.عباس، جميل إبراهيم؛ عبد الناصر ضرير – الري والصرف، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية ، منشورات جامعة حلب، كلية الزراعة (1991-1992).

11. عبد الجواد، عبد العظيم – استزراع الأراضي ، دار المعارف بمصر 1966.

12. عبد الدايم، صفوت– إعادة استخدام مياه الصرف في الري– الندوة المشتركة المصرية السورية حول استثمار وصيانة مشروعات الري والصرف– دمشق– تموز– 1993.

13. الغزولي، محمود السيد– تنفيذ شبكات الصرف المغطى وتصميمها– الندوة المشتركة المصرية السورية حول استثمار وصيانة مشروعات الري والصرف– دمشق– تموز– 1993.

14. كنج، أسعد – الري (2) ، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية ، – منشورات جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية (1989-1990).

15. قازان، محمد نزار – الري والصرف (1)، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية ، منشورات جامعة حلب، كلية الهندسة المدنية (1981-1982).

16.قازان، محمد نزار – الري والصرف (2)، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية ، منشورات جامعة حلب، كلية الهندسة المدنية (1981-1982).

17. معلا، وائل؛ أمجد زينو؛ مبادئ الهيدروليك الهندسي ، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية ، منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة المدنية (2005-2006).

18. الفتياني، فاروق عبد الله، محمد أحمد أبو رحيم؛ عبد الله السيد حسن؛ عاطف عبد الحكيم جبران– شبكات الري والصرف، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية، بيروت 2000.

19. يوفا، كارل – استصلاح الأراضي؛ ترجمة طه الشيخ حسن – دار علاء الدين، دمشق – 2000.

المراجع باللغة الأجنبية:

1- Богушевский. А. А..Голованов. А. И. .. Марков. М.Г...Селъскохозяйственные Гилротехнические Мелиорации- Москва- Колос- 1981.
2- Дементьев, Орошение, Москва- Колос- 1979.

3- Раимбаева, Ф. М. ,Сельскохозйственные Гидроухнические Мелиорации,Ташкент-Мехнат-1988.

4 - Рычагов, В. В., Чебаевский, В. Ф., и др. Под редакцей Чебавский, В. Ф, Проектерование насосных станций и испытание насосных устанвок , Москва- Колос- 1982.

5- Fox, R., McDonald, A. Introduction to Fluid Mechanics. John Wiley & Sons, Inc. 1994.

6- Powar, A.G. , Mahale, D.M. , Thokal, R.T. , Glossary: Irrigation, Drainage, Hydrology and Watershed Management, Mittal Publications, 2004.
7- Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. – Guidines for predicting Crop Water Requirements, FAO - irrigation and drainage, paper (24) 1977 - Rome, Italy.
8- Roland, Lionel. Mechanized Sprinkler Irrigation, FAO - irrigation and drainage, paper (35) 1982 - Rome, Italy.
9- Vermeiren, I. and Jabling, D. A. Localized Irrigation, irrigation and drainage, paper (36) 1980 - Rome, Italy.
9- Crop Evapotranspiration Guidelines For Computing Crop Water Requirements: Guidelines for Computing Crop Water Requirements by Food and Agriculture Organization of the United Nations and Richard G. Allen (Feb 28 2005)
10- Land Reform 2006/2. Land Settlement and Cooperatives by Food and Agriculture Organization (April 2007)**.**
11-Irrigation Engineering by Shyamal K. Majumdar (Paperback - Aug 1 1983).
12- Irrigation Systems: Design and Operation by D. Karmeli, G. Peri, and M. Todes (April 30 1999)
13- Institutional Reform for Irrigation and Drainage: Proceedings of a World Bank Workshop by D. C.) Institutional Reform for Irrigation and Drainage Workshop (2000 : Washington, World Bank, Fernando J. Gonzalez, and Salman M. A. Salman (Jul 2002).

14- Guidelines and Computer Programs for the Planning and Design of Land Drainage Systems Ao Irrigation and Drainage Paper No. 62 by J. Martinez Beltran, W. J. Ochs, and W. H. Van Der Mole (April 2007)
15- Performance Analysis of On-Demand Pressurized Irrigation Systems by Food and Agriculture Organization of the United Nations (Aug 2000).

تم بعون الله

المقومون العلميون

الأستاذ الدكتـور
عبد الرزّاق حسين

الأستاذ الدكتـور
محمَّد منصور شبلاق

الأستاذ الدكتـور
أمجد سعيد زينو

المدقِّق اللُّغويّ
د. محمَّد عبد الله قاسم

Published by Damascus University
Faculty of Civil Engineering


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University